Husemann

Elemente der Chemie

als Grundlage

des

landwirthschaftlichen Unterrichts

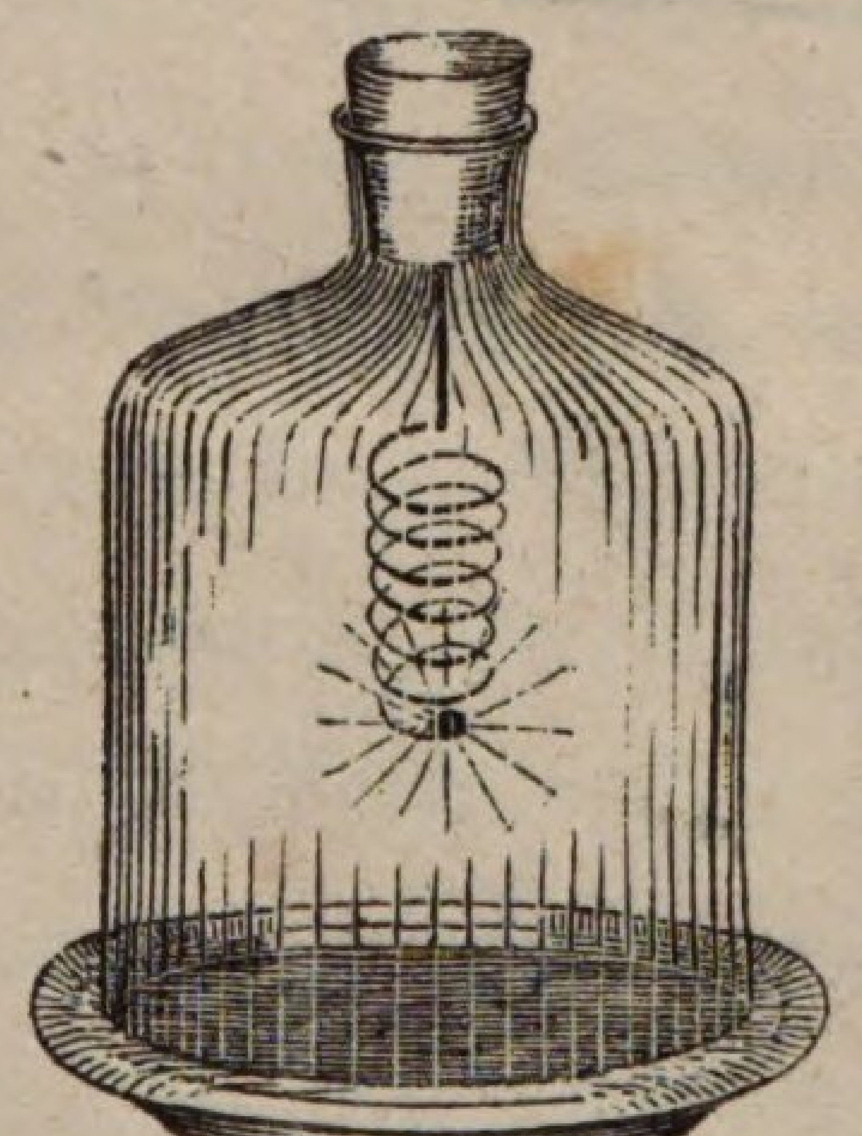
für

landwirthschaftl. Schulen, Fortbildungsschulen, Lehrerseminarien und Mittelschulen.

Von

Dr. August Husemann,

Professor der Chemie und Physik an der Kantonsschule in Chur.



Mit 10 Holzschnitten.

Aarau.

Druck und Verlag von J. J. Christen.

1871.

Vorwort.

Dieses Schriftchen erhebt in keiner Weise den Anspruch, ein Abriß der Agriculturchemie zu sein. Es soll den Schülern lediglich dasjenige vom chemischen Lehrstoff, und zwar in knappester Form, bieten, was zur richtigen Auffassung des landwirthschaftlichen Unterrichts durchaus unentbehrlich ist und beschränkt sich daher darauf, neben den grundlegenden Lehren der reinen Chemie, die Beziehungen dieser Wissenschaft zur Landwirthschaft nur andeutungsweise zu behandeln, die eingehendere Erörterung der practischen Resultate agriculturchemischer Forschung der eigentlichen Landwirthschaftslehre überlassend. In diesem Sinne auf Veranlassung des Herrn Seminardirector Schatzmann in Chur zunächst für die von ihm in's Leben gerufenen landwirthschaftlichen Lehrercurse, sowie die landwirthschaftlichen Unterrichts-Abtheilungen der Kantonsschule und des Lehrer-Seminars Graubündens geschrieben, dürfte es, wie ich hoffe, auch an anderen, dem gleichen Zwecke gewidmeten Anstalten zn verwenden sein, insofern dieselben gleichfalls genöthigt sind, auf einen ausführlichen agriculturchemischen Unterricht

zu verzichten. Daß das Schriftchen für sich nur ein Skelett ist, welches der Lehrer durch eigene Zuthat zu Fleisch und Blut zu ergänzen hat, und dessen Verständniß er durch passend auszuwählende Experimente, sowie durch Vorzeigung von Mineralien und chemischen Präparaten zu fördern bemüht sein muß, wird kaum erwähnt zu werden brauchen.

Chur, im April 1871.

August Husemann.

I. Chemische Vorgänge im Allgemeinen.

Wenn die Landwirthschaft bestrebt ist, ihre Aufgabe, die Erzeugung von Nahrungsstoffen, in möglichst vortheilhafter Weise zu lösen, so wird ihr keine Wissenschaft dabei größeren Nutzen zu gewähren im Stande sein, als die Chemie. Denn da die Materie ihrer Menge nach in Ewigkeit unveränderlich ist, mithin Alles, was man als eine Erzeugung von Stoff zu bezeichnen pflegt, im Grunde nur eine Verwandlung desselben ist, so muß jeder einsichtsvolle Betrieb der Landwirthschaft auf den Regeln und Gesetzen derjenigen Wissenschaft fußen, welche die Erforschung aller stofflichen Veränderungen zum Zweck hat. **Bedeutung der Chemie für die Landwirthschaft.**

Die Materie kennt keine Ruhe. Die ihr innewohnenden Kräfte bedingen eine unausgesetzte Wechselwirkung aller stofflichen Dinge, und in deren Folge ihre fortwährende Umbildung. Diese stetigen Veränderungen der Körperwelt lassen sich nach zwei Hauptrichtungen unterscheiden. Sie stören entweder die Gesammtheit der Eigenschaften der betroffenen Körper in keiner wesentlichen Weise, indem sie die stoffliche Grundlage derselben unberührt lassen, — oder sie erstrecken sich auch auf diese und bewirken, indem sie damit eine völlige Umgestaltung aller Eigenschaften herbeiführen, gewissermaßen die Bildung neuer Körper. Veränderungen der ersten Art bezeichnet man als physikalische, solche der letzteren als chemische.

Wenn eine Glasröhre durch Reiben mit einem seidenen Tuche die Eigenschaft erlangt, leichte Körperchen anzuziehen, oder ein Stahlstab nach wiederholtem Streichen mit einem Magneten selbst magnetisch geworden ist, oder wenn eine gespannte Stahlsaite durch Anstreichen mit dem Fidelbogen tönend wird: so sind offenbar in allen diesen Fällen Veränderungen eingetreten, aber keine derselben erstreckt sich auf die Materie jener Körper. Der neue Magnet sowohl wie die tönende Saite bestehen nach wie vor aus **Physikalische und chemische Veränderungen.**

Stahl, und die elektrisch gewordene Röhre ist immer noch eine Glasröhre. Auch wenn beide, Glas und Stahl, durch starkes Erhitzen geschmolzen wurden und damit nicht nur ihre Form verloren, sondern auch ihren Aggregatzustand gewechselt haben, ist ihre stoffliche Grundlage nicht in Mitleidenschaft gezogen, die geschehene Veränderung mithin nur eine physikalische. Wird dagegen der Stahl mit wässeriger Schwefelsäure übergossen, so löst er sich darin unter brausender Entwicklung eines übel riechenden Gases, und aus der grünlich gefärbten Auflösung krystallisiren beim Verdunsten große grüne durchsichtige Säulen von Eisenvitriol. Es ist ein völlig neuer Körper entstanden, der weder mit dem Stahl noch mit der Schwefelsäure die geringste Ähnlichkeit zeigt und außer dem Hauptbestandtheil des Stahls, dem Eisen, noch drei andere, von der angewandten Schwefelsäure hergenommene Stoffe enthält, nämlich Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefel. Ohne Zweifel muß die hier stattgefundene Veränderung als eine chemische bezeichnet werden. Erhitzt man den Eisenvitriol allmälig zum Glühen, so entweicht daraus zunächst Wasser, dann aber folgen dicke weiße, äußerst ätzend wirkende und erstickend riechende Dämpfe von schwefliger Säure und wasserfreier Schwefelsäure, bis endlich ein braunrothes Pulver zurückbleibt. Dieses ist Eisenoxyd und enthält von den vier Bestandtheilen des Eisenvitriols nur noch zwei, Eisen und Sauerstoff. Die Verwandlung des Eisenvitriols in Eisenoxyd muß also wiederum als ein chemischer Vorgang aufgefaßt werden.

Chemische Grundstoffe.

Alle chemischen Erfahrungen sprechen dafür, daß es eine — und zwar nicht allzugroße — Anzahl von *Arten* des Stoffs giebt, die sich in keiner Weise in einander überführen lassen und lediglich durch ihre je nach Qualität oder Quantität verschiedene Mischung oder vielmehr Verbindung die unendliche Mannigfaltigkeit der Körperwelt bedingen. Wir nennen diese stofflich einfachen, wenigstens mit den jetzigen Hülfsmitteln der Chemie nicht weiter zerlegbaren Materien die *chemischen Grundstoffe* oder *Elemente*. Ihre den Fortschritten der Wissenschaft unterworfene Zahl beträgt gegenwärtig 66. Die meisten von ihnen finden sich nicht als solche, im *freien Zustande*, in der Natur, sondern in inniger Vereinigung mit einem oder mehreren anderen Elementen in Form von zusammengesetzten Körpern oder *chemischen Verbindungen*, und müssen aus diesen erst künstlich dargestellt werden. Weitaus die Mehrzahl aller natür-

lich vorkommenden Körper sind chemische Verbindungen oder Gemenge von mehreren derselben.

Chemische Vereinigung und Zersetzung.

Nach dem eben Gesagten ist es klar, daß alle chemischen Veränderungen im Grunde auf zweierlei Vorgänge hinauslaufen. Sie sind entweder von der Art, daß durch Vereinigung einfacher oder doch einfacher zusammengesetzter Stoffe solche von complicirterer Zusammensetzung entstehen —, oder aber daß zusammengesetzte Körper in einfachere zerfallen, die dann sehr häufig sich im Moment des Freiwerdens zu neuen Verbindungen gruppiren. Sie fallen also sämmtlich entweder unter den Begriff der *chemischen Vereinigung* oder den der *chemischen Zersetzung*.

Der Act chemischer Vereinigung oder chemischer Zersetzung ist wohl zu unterscheiden von dem Vorgange der bloßen *Mischung* oder *Entmischung*, und eine chemische Verbindung von wesentlich anderer Art als ein Gemenge oder ein Gemisch. Während bei letzteren die Eigenschaften sich lediglich aus denen ihrer Gemengtheile zusammensetzen, gewissermaßen das Mittel derselben sind, und eine Scheidung in der Regel schon durch sehr einfache Operationen, wie z. B. durch Abschlämmen oder Erwärmen, bewirkt werden kann, sind die Eigenschaften einer chemischen Verbindung stets durchaus verschieden von denjenigen ihrer Bestandtheile und diese so innig vereinigt, daß ihre Trennung meistens nur durch viel tiefer eingreifende Hülfsmittel herbeizuführen ist. Der wichtigste und entscheidendste Unterschied besteht aber darin, daß Gemenge sich nach allen möglichen oder doch nach sehr vielen Mengenverhältnissen der Bestandtheile darstellen lassen, *während jede chemische Verbindung nach einem ganz bestimmten unabänderlichen Verhältniß zusammengesetzt ist.*

Chemische Affinität.

Als Ursache der chemischen Veränderungen betrachtet man eine eigenthümliche, an den kleinsten Theilchen der Körper, den Atomen, haftende Kraft, die man *chemische Affinität* oder *Verwandtschaft* nennt. Diese kommt keineswegs allen Körpern zu. Es giebt Körper, die nicht das geringste Bestreben zeigen, sich mit anderen zu vereinigen; sie werden *chemisch indifferente* genannt. Bei den mit Affinität begabten Körpern tritt diese Eigenschaft im Allgemeinen um so stärker hervor, je einfacher ihre stoffliche Beschaffenheit ist; die Elemente haben die stärksten Affinitäten. Immer ist übrigens die Affinität nur eine relative, d. h. es kann ein Körper **A** zu einem Körper **B** sehr

große Affinität besitzen, während sein Vereinigungsbestreben zu einem Körper C nur gering ist. Auf die Größe der Affinität influiren mancherlei Umstände, so namentlich der *Aggregatzustand*, indem der flüssige, die innigere Berührung der Körper fördernde Zustand sich günstiger erweist, als der feste; dann die *Temperatur*, deren Erhöhung bis zu einer gewissen, aber für die verschiedenen Körper sehr verschieden gelegenen Grenze die Affinität zu erhöhen pflegt, darüber hinaus sie aber wieder vermindert und wohl ganz aufhebt; ferner das *Licht*, welches in seltenern Fällen die Vereinigung der Körper befördert, häufiger aber zersetzend wirkt; endlich die *Elektricität*, die in Gestalt elektrischer Funken bei einigen gasförmigen Körpern das Zustandekommen der Verbindung bewirkt, gewöhnlicher aber die Verbindung aufhebt und die als elektrischer Strom das allgemeinste und mächtigste Zersetzungsmittel ist, über welches der Chemiker verfügt. Eine auffallend gesteigerte Affinität zeigen die Körper im Augenblick ihrer Abscheidung aus Verbindungen, im sogenannten *Entstehungsmoment*.

Bildungsweise chemischer Verbindungen. In der Mehrzahl der Fälle erfolgen die chemischen Vereinigungen nicht auf dem einfachen Wege des *directen Zusammentretens* der Bestandtheile, alo nach dem Schema

$$A + B = AB,\text{*)}$$

sondern viel häufiger geht dem Act der Bildung der Verbindungen ein solcher der Zersetzung bereits bestehender voraus. Läßt sich der Vorgang durch das Schema

$$AB + C = AC + B\text{ **)}$$

darstellen, so nennt man ihn eine *Zersetzung durch einfache Wahlverwandtschaft*, entspricht er dem Schema

$$AB + CD = AC + BD,\text{ ***)}$$

so wird er als eine *Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft* bezeichnet.

Chemische Aequivalente. Es wurde bereits bemerkt, daß es ein characteristisches Merkmal aller chemischer Verbindungen ist, ihre Bestandtheile in einem bestimmten unveränderlichen Mengenverhältniß zu enthalten. Dieses Verhältniß ist kein zufälliges, sondern in der merkwürdigen Gesetzmäßigkeit begründet, *daß es für jeden einfachen wie zusammengesetzten Stoff eine Verhältnißzahl giebt*,

*) Z. B. Schwefel + Kohlenstoff = Schwefelkohlenstoff.
**) Z. B. Schwefelwasserstoff + Silber = Schwefelsilber + Wasserstoff.
***) Z. B. Jodkalium + Chlorquecksilber = Jodquecksilber + Chlorkalium.

nach der oder derem Vielfachen er ausnahmslos an chemischen Actionen Theil nimmt. Man nennt diese durch höchst sorgfältige und zahlreiche Versuche festgestellten Zahlen, die man, um sie vergleichbar zu machen, sämmtlich auf das Element Wasserstoff als Einheit bezogen hat, die chemischen Aequivalente der Körper. Da sich ergab, daß das Aequivalent jedes zusammengesetzten Körpers stets gleich der Summe der Aequivalente seiner elementaren Bestandtheile ist, so genügt es, die Aequivalente der Grundstoffe zu kennen, um damit auch das Aequivalent jeder ihrer Zusammensetzung nach bekannten chemischen Verbindung zu besitzen.

Man hat jedem Grundstoff ein Zeichen beigelegt, welches nicht nur ihn als solchen, sondern auch sein Aequivalent bedeutet, und dazu die Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennungen gewählt. Die Zeichen der chemischen Verbindungen, welche man ihre chemischen Formeln nennt, werden aus den Zeichen der sie constituirenden Elemente in der Weise gebildet, daß man sie neben einander stellt und, wo Multipla vom Aequivalent der letzteren vorkommen, diese durch eine hinter das Elementarzeichen gesetzte Zahl bezeichnet. Mit Hülfe dieser chemischen Zeichen und Formeln lassen sich alle chemischen Vorgänge, Vereinigungen wie Zersetzungen, in ungemein präciser Weise sowohl in qualitativer als in quantitativer Hinsicht durch sog. chemische Gleichungen darstellen. So sagt uns z. B. die Gleichung Chemische Zeichen und Formeln. Chemische Gleichungen.

$$3\,HCl + Sb\,S^3 = Sb\,Cl^3 + 3\,HS$$

nicht allein, daß bei Einwirkung von Chlorwasserstoff auf Schwefelantimon Zersetzung durch doppelte Wahlverwandtschaft und Bildung von Chlorantimon und Schwefelwasserstoff stattfindet, sondern sie giebt zugleich an, daß bei diesem Vorgange durch je 3 × (1 + 35,5) = 109,5 Gewichtstheile Chlorwasserstoff 122 + 48 = 170 Gew.-Th. Schwefelantimon zersetzt und dafür 122 + 106,5 = 228,5 Gew.-Th. Chlorantimon und 3 × (1 + 16) = 51 Gew.-Th. Schwefelwasserstoff neu erzeugt werden.

Man pflegt die chemischen Verbindungen nach ihrem Ursprung in unorganische und organische einzutheilen. Zu den unorganischen werden außer den im Mineralreiche vorkommenden auch diejenigen gezählt, die aus ihnen auf künstlichem Wege dargestellt werden können. Organisch nennt man dagegen alle die, welche durch die Verrichtungen des pflanzlichen und thierischen Organismus erzeugt werden und daraus durch Umwandlungen Eintheilung der chemischen Verbindungen.

hervorgehen, — oder einfacher und umfassender, da diese Verbindungen sämmtlich das Element Kohlenstoff enthalten und der neueren Chemie die Herstellung vieler Tausende von kohlenstoffhaltigen Körpern in rein künstlicher Weise gelungen ist, die mit den Erzeugnissen der Organismen die größte Ähnlichkeit besitzen, alle Kohlenstoffverbindungen.

Die Grundstoffe mit ihren chemischen Zeichen und Aequivalenten.

Grundstoffe.	Zeichen.	Aequivalente.	Grundstoffe.	Zeichen.	Aequivalente.
Aluminium	Al	13,75	Natrium	Na	23
Antimon	Sb	122	Nickel	Ni	29,5
Arsen	As	75	Niobium	Nb	47
Baryum	Ba	68,5	Osmium	Os	100
Beryllium	Be	7	Palladium	Pd	53,3
Blei	Pb	103,5	Phosphor	P	31
Bor	B	11	Platin	Pt	98,7
Brom	Br	80	Quecksilber	Hg	100
Caesium	Cs	133,036	Rhodium	Rh	52,2
Calcium	Ca	20	Rubidium	Rb	85,4
Cerium	Ce	46	Ruthenium	Ru	52,2
Chlor	Cl	35,5	Sauerstoff	O	8
Chrom	Cr	26,75	Schwefel	S	16
Dianium	Dn	—	Selen	Se	39,75
Didym	Di	50	Silber	Ag	108
Erbium	E	56,3	Silicium	Si	14,2
Eisen	Fe	28	Stickstoff	N	14
Fluor	Fl	19	Strontium	Sr	43,75
Gold	Au	196,5	Tantal	Ta	92,2
Jargonium	Ja	—	Tellur	Te	64,5
Jod	J	127	Terbium	Tb	—
Indium	Id	37,13	Thallium	Tl	204
Iridium	Ir	99	Thorium	Th	115,7
Kadmium	Cd	56	Titan	Ti	25
Kalium	K	39,2	Uran	U	60
Kobalt	Co	29,5	Vanadium	V	68,6
Kohlenstoff	C	6	Wasserstoff	H	1
Kupfer	Cu	31,7	Wismuth	Bi	210
Lanthan	La	46,4	Wolfram	W	92
Lithium	Li	7	Yttrium	Y	32,18
Magnesium	Mg	12	Zink	Zn	32,75
Mangan	Mn	27,5	Zinn	Sn	59
Molybdän	Mo	48	Zirkonium	Zr	44,8

II. Die Grundstoffe und ihre unorganischen Verbindungen.

Die Grundstoffe pflegt man in Nichtmetalle und Metalle einzutheilen. Letztere zeichnen sich durch eigenthümlichen Glanz, Undurchsichtigkeit und großes Leitungsvermögen für Elektricität und Wärme aus, jedoch ohne daß hierdurch ein characteristischer Unterschied zwischen beiden Gruppen gegeben wäre. Bestimmter verschieden ist ihr chemisches Verhalten. Jedes Metall bildet mit Sauerstoff wenigstens eine Base (s. S. 9), während die Sauerstoffverbindungen der Nichtmetalle entweder Säuren (s. S. 9) oder von indifferentem Character sind. Eintheilung der Grundstoffe.

Von nichtmetallischen Elementen werden wir nur Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Silicium, Chlor und Fluor in den Kreis unserer Betrachtung ziehen und die für die Landwirthschaftslehre unwesentlichen Nichtmetalle Selen, Tellur, Bor, Brom, Jod, Arsen und Antimon übergehen. Von den übrigen, durchweg zu den Metallen zählenden Grundstoffen werden aus dem gleichen Grunde nur Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Eisen und Mangan Berücksichtigung finden. Auch bei der Auswahl der bei den einzelnen Grundstoffen zu behandelnden Verbindungen wird der nämliche Gesichtspunkt maßgebend sein.

1. Sauerstoff (Oxygenium). O = 8.

Dieses unter allen in größter Menge auf unserem Erdkörper vorhandene Element findet sich zu etwa 23 Gewichtsprocenten als Gemengtheil in der Luft, chemisch verbunden zu 88,89 Proc. im Wasser, ferner so reichlich in der Mehrzahl der Mineralien, daß er mindestens $^1/_3$ des Gewichts der festen Erdrinde ausmachen dürfte, endlich in fast allen Pflanzen- und Thierstoffen. Vorkommen.

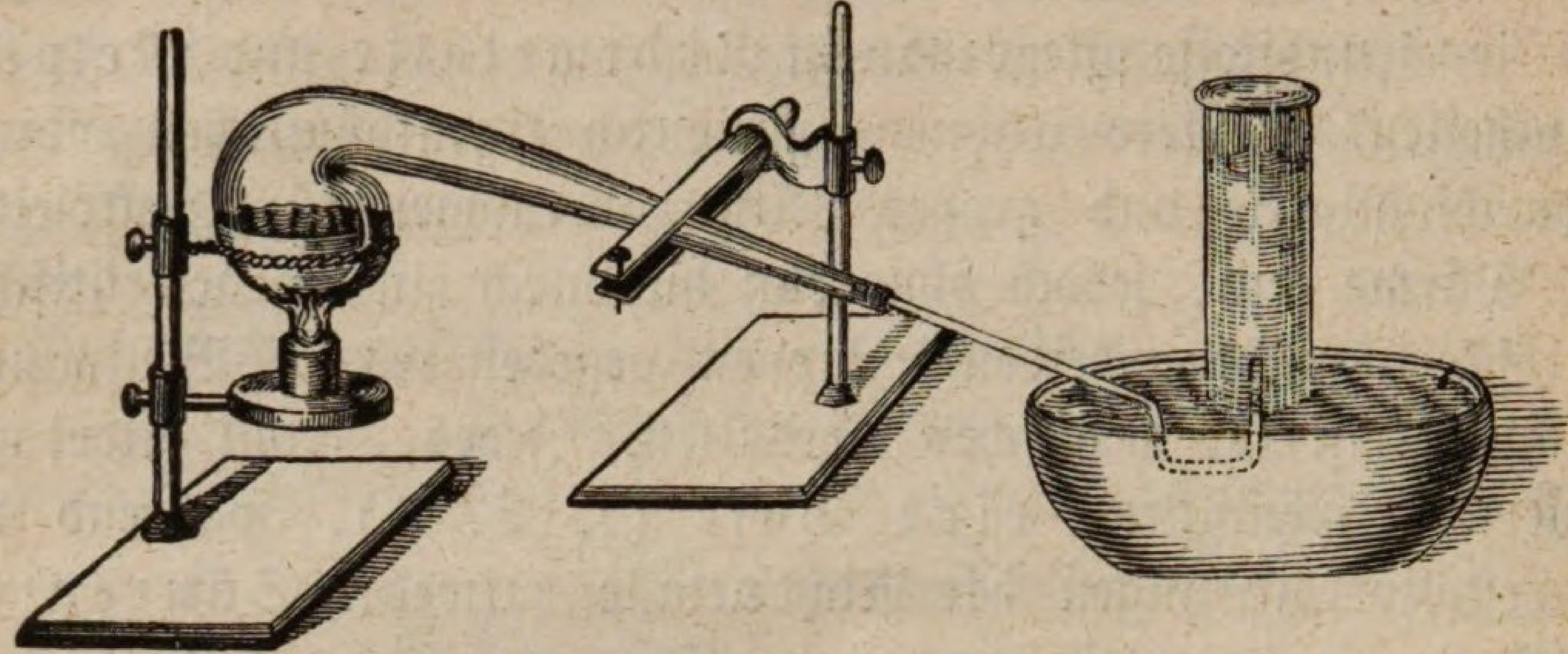
Atmosphärische Luft läßt sich zur Darstellung von reinem Sauerstoff, obgleich sie ihn bereits im freien Zustande enthält, nicht verwenden, da es nur sehr schwierig gelingt, den andern Hauptgemengtheil, den Stickstoff, daraus zu entfernen. Man bereitet ihn daher entweder durch Zersetzung des Wassers mittelst des elektrischen Stroms: Darstellung.

$$HO = H + O,$$

oder aus solchen seiner festen Verbindungen, die ihn ganz oder

theilweise schon durch bloßes Erhitzen abgeben, so z. B. besonders

Fig. 1.



bequem aus chlorsaurem Kali, das schon bei mäßiger Erhitzung in Chlorkalium und Sauerstoff zerfällt:

$$KO,ClO^5 = KCl + 6\,O,$$

oder billiger aus Braunstein, der bei heftiger Glühhitze ein Drittel seines Sauerstoffgehalts gasförmig entwickelt und sich in eine sauerstoffärmere Manganverbindung verwandelt:

$$3\,MnO^2 = Mn^3O^4 + 2\,O.$$

Eigenschaften. Der Sauerstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, welches etwa $^1/_{10}$ schwerer ist als Luft von gleicher Spannung und Temperatur, und von dem Wasser bei 0° $^1/_{25}$, bei 20° $^1/_{33}$ seines eignen Volumens löst. Er ist nicht brennbar, unterhält aber in ausgezeichneter Weise das Verbrennen brennbarer Körper, sowie auch das Athmen der Menschen und Thiere.

Fig. 2.

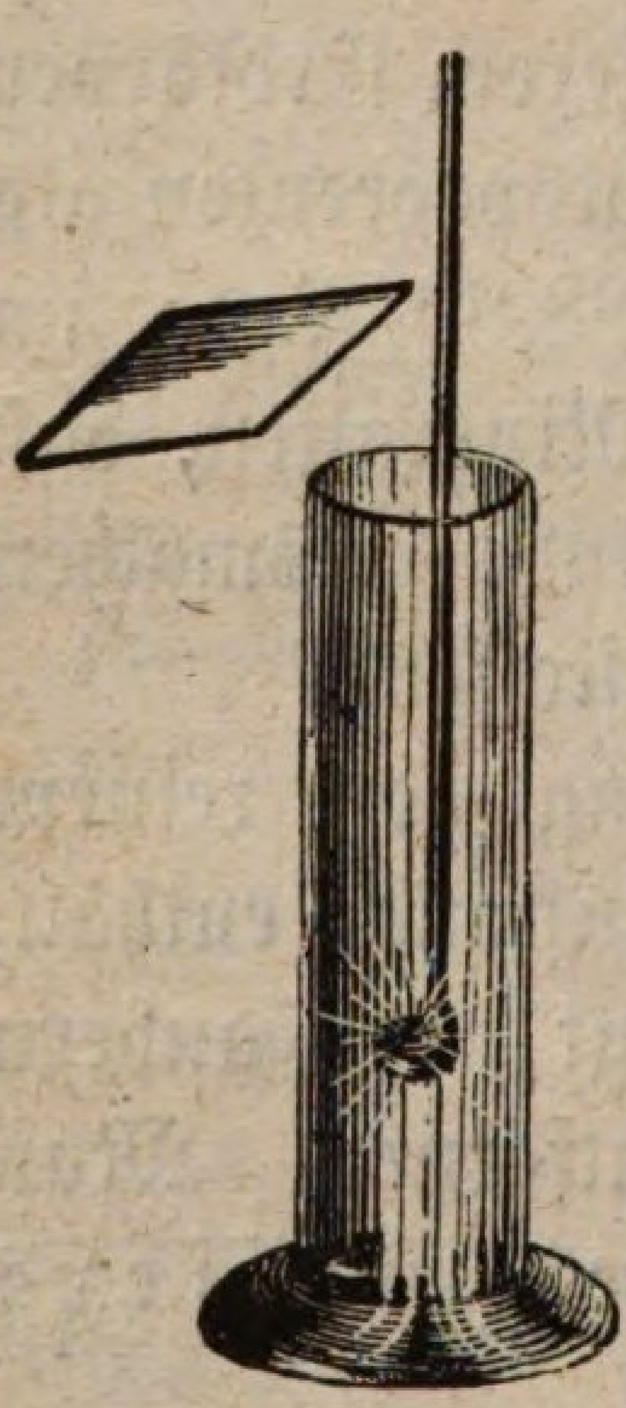
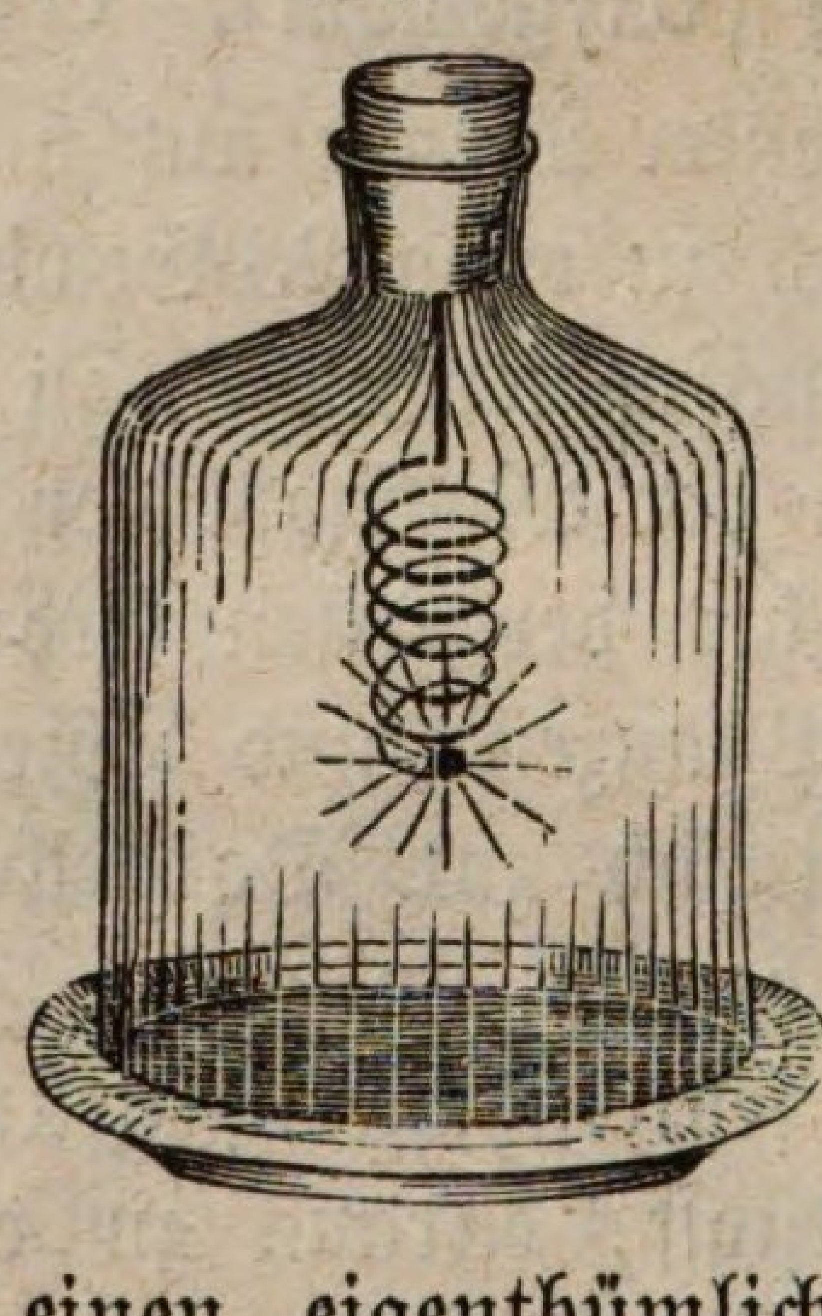


Fig. 3.



Ozon. Unter gewissen Umständen, so u. a. beim Durchschlagen elektrischer Funken, nimmt der gewöhnliche Sauerstoff in noch nicht befriedigend erklärter Weise einen eigenthümlichen Zustand an, in welchem man ihn Ozon genannt hat. Er besitzt alsdann einen eigenthümlichen durchdringenden Geruch, wirkt äußerst reizend auf die Athmungsorgane und zeigt eine auffallend gesteigerte Affinität.

Verbindungen. Das Fluor ausgenommen vereinigt sich der Sauerstoff mit

allen anderen Elementen. Diese Verbindungen sind von besonderer Wichtigkeit und werden Oxyde genannt. Der Act der Vereinigung eines Körpers mit Sauerstoff heißt Oxydation. Geht diese unter solcher Wärmeentwicklung von Statten, daß dabei Erglühen eintritt, so nennt man sie Verbrennung. Die allmälige, zum Theil wenigstens auf einer langsamen, ohne bemerkbare Wärmeerzeugung verlaufenden Oxydation beruhende Zersetzung, welche Pflanzen- und Thierstoffe an der Luft erleiden, wird als Verwesung bezeichnet. Verbrennung. Verwesung.

Soweit die Oxyde nicht indifferent, das heißt keiner weiteren Vereinigung fähig sind, haben sie entweder den Character von Säuren oder denjenigen von Basen. Erstere besitzen, wenn sie im Wasser löslich sind, einen saueren Geschmack, verwandeln die blaue Farbe des Lackmus in Roth (reagiren sauer) und gehen Verbindungen mit den Basen ein. Von den Basen schmecken die in Wasser löslichen laugenhaft und stellen das durch Säuren in Roth verwandelte Blau des Lackmus wieder her (reagiren alkalisch); alle sind mit Säuren verbindbar. Die Verbindungen von Säuren und Basen werden Salze genannt. Sie sind entweder ohne alles Vereinigungsbestreben, oder verbinden sich doch nur lose mit anderen Salzen zu Doppelsalzen. Sind die Salze krystallisirbar, so tritt sehr häufig eine gewisse Menge Wasser als sogen. Krystallwasser mit in die Krystallform ein, das aber in der Regel schon durch Erwärmen auf 100° ausgetrieben werden kann, ja nicht selten schon beim Liegen der Krystalle an der Luft wieder entweicht. Säuren. Basen. Salze.

2. Wasserstoff (Hydrogenium). H = 1.

Der Wasserstoff findet sich nur chemisch verbunden, in größter Menge im Wasser, das davon 11,11 Gewichtsprocente enthält, sparsamer in Verbindung mit Schwefel, Stickstoff und Chlor, endlich beinahe in allen organischen Verbindungen. Vorkommen.

Rein erhält man ihn durch Zersetzung des Wassers, die man sowohl durch den elektrischen Strom, als auch durch Metalle bewirken kann. Von letzteren zerlegen einige, wie Kalium, Natrium und andere leichte Metalle, das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur: Darstellung.

$$HO + Na = NaO + H,$$

andere, wie Eisen und Zink, erst bei Glühhitze:

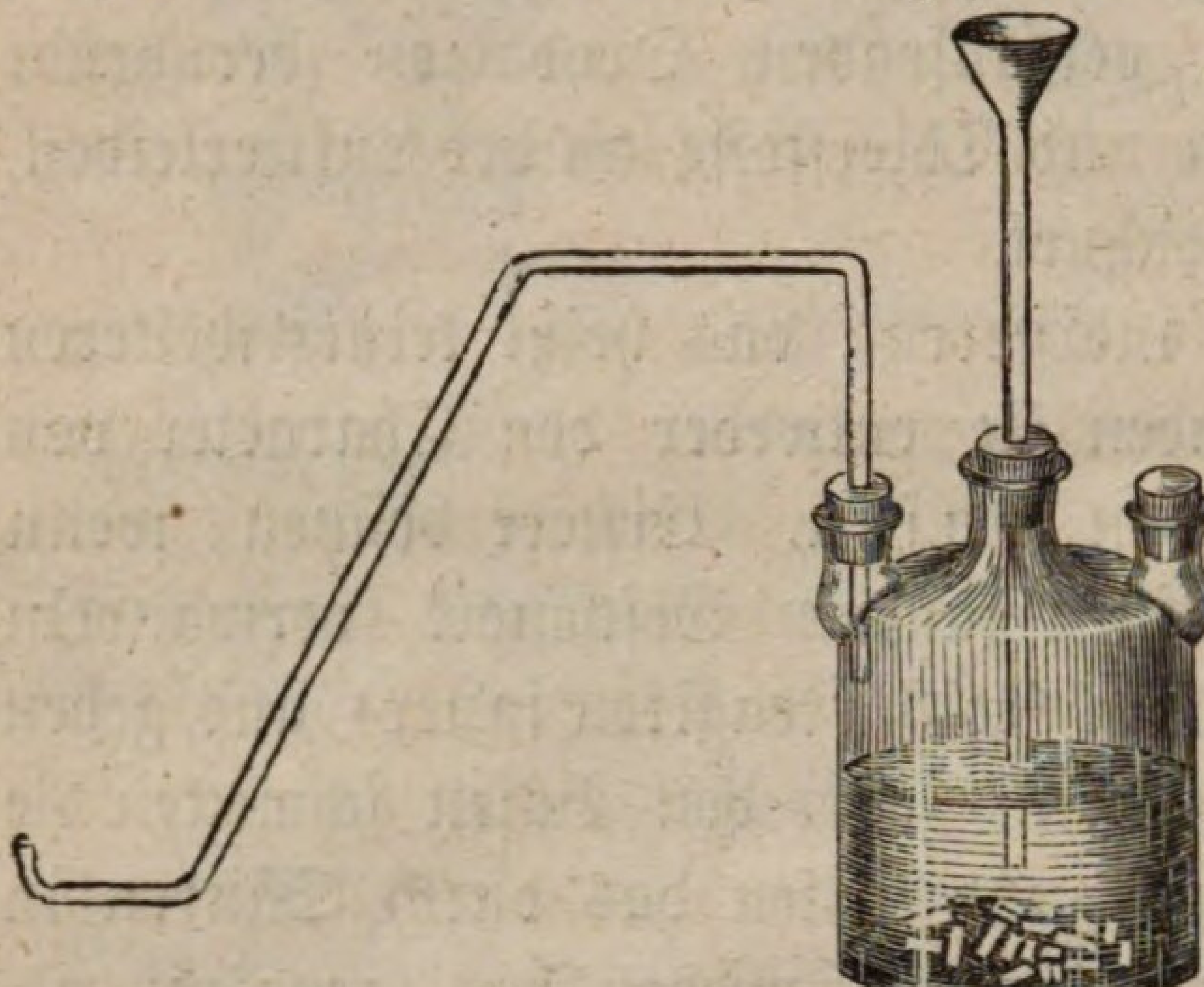
$$4\,HO + 3\,Fe = Fe^3O^4 + 4\,H,$$

oder bei Gegenwart von stärkeren Säuren:

$$HO + Zn + SO^3 = ZnO,SO^3 + H.$$

Zur Darstellung in kleinerem Maßstabe übergießt man am vortheilhaftesten granulirtes Zink in einer Entwicklungsflasche mit Wasser und fügt nach und nach concentrirte Schwefelsäure hinzu.

Fig. 4.



Eigenschaften. Der Wasserstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses, auf keine Weise zu verflüssigendes Gas, das beinahe 15mal weniger wiegt, als sein gleiches Volumen Luft und unter allen Gasen das leichteste ist. Wasser löst davon bei 0° nur $^1/_{50}$ seines Volumens. Er ist sehr leicht entzündbar und verbrennt mit wenig leuchtender, aber äußerst heißer Flamme, indem je 1 Theil oder 1 Aequivalent desselben sich mit 8 Th. oder 1 Aequivalent Sauerstoff verbindet, zu Wasser. Das Athmen unterhält er nicht, ohne jedoch giftig zu sein.

Verbindungen. Die größte Affinität besitzt der Wasserstoff zu den Elementen Sauerstoff und Chlor, mit denen er sich unter gewissen Umständen direct und unter Lichtentwicklung vereinigt. Mit den übrigen Nichtmetallen verbindet er sich nur auf indirectem Wege und mit den Metallen nur ausnahmsweise.

Bildung. **Wasser.** HO. — Das Wasser entsteht durch Vereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff in dem angeführten, auch aus seiner Formel sich ergebenden Gewichtsverhältniß, das einem Raumverhältniß von 2 Vol. Wasserstoff auf 1 Vol. Sauerstoff entspricht. Sie erfolgt bei bloßer Mischung der Gase nicht ohne Weiteres, wird aber in allmäliger Weise von metallischem blanken oder besser schwammigen Platin, oder von anderen festen und sehr porösen Körpern, sowie auch durch starke Compression des Gasgemenges herbeigeführt. Momentan und unter starkem Knall tritt Vereinigung ein, wenn ein elektrischer Funke das Gemenge durchschlägt, oder wenn man es anzündet. Auch beim Ueberleiten von Wasserstoff über erhitzte Metalloxyde entsteht Wasser:

$$CuO + H = HO + Cu.$$

Das Wasser kommt außer in der unorganischen Natur, in der es sich fest, flüssig und gasförmig findet, auch als nie fehlender und der Menge nach sehr vorwiegender Bestandtheil in allen Organismen vor. Alles natürlich angetroffene Wasser ist wegen seines großen Lösungsvermögens für die verschiedenartigsten Stoffe mehr oder weniger verunreinigt. Man unterscheidet je nach der Menge und Art der Beimengungen: weiches Wasser, mit nur geringen Spuren von fremdartigen Stoffen (Regenwasser, Schnee, Gletschereis); hartes Wasser, mit kleinen Mengen von Kohlensäure, kohlensaurem Kalk, schwefelsaurem Kalk und einigen anderen Salzen (das Wasser fast aller Brunnen, Quellen und Flüsse); Salzwasser, mit vorwiegendem Gehalt an Kochsalz (das Wasser des Meeres, der Salzseen und Soolquellen); Sauerwasser, reich an Kohlensäure und daneben entweder nur geringe Mengen von Salzen (reine Säuerlinge), oder viel kohlensaures Natron (alkalische oder Natron-Säuerlinge), oder wesentlich kohlensaures Eisenoxydul (Eisensäuerlinge oder Stahlwässer) enthaltend; Bitterwasser, mit großem Gehalt an schwefelsaurer Magnesia oder schwefelsaurem Natron; Schwefelwasser, mit freiem Schwefelwasserstoff neben schwefelsauren und anderen Salzen. Warme Quellen heißen Thermen und enthalten bald nur geringe, bald größere Mengen an mineralischen Bestandtheilen. Vorkommen.

Zur Darstellung von völlig reinem Wasser unterwirft man gewöhnliches Wasser der Destillation und entfernt die zuerst übergehenden, die frei vorhandene Kohlensäure enthaltenden Antheile. Sorgfältig destillirtes Wasser hinterläßt beim Verdunsten auf blankem Silber- oder Platinblech keine Spur eines Rückstandes und wird durch eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd oder essigsaurem Bleioxyd nicht getrübt. Darstellung von reinem Wasser.

Die Eigenschaften des reinen Wassers weichen nicht wesentlich von den bekannten des gewöhnlichen Wassers ab. Besonders merkwürdig und von größter Bedeutung für die klimatischen Verhältnisse unseres Erdkörpers sind die Unregelmäßigkeiten, die das Wasser in Bezug auf Ausdehnung und Zusammenziehung bei Temperaturänderungen zeigt. Es besitzt nämlich abnormer Weise seine größte Dichtigkeit bei + 4° C. und erleidet im Moment des unter gewöhnlichen Umständen bei 0° erfolgenden Gefrierens oder Krystallisirens eine plötzliche Ausdehnung um nahezu $^1/_{11}$ seines Volumens. Dem zuletzt erwähnten Umstande ist zu einem nicht Eigenschaften.

geringen Theile der Antheil zuzuschreiben, den das Wasser an der Zertrümmerung der Gesteine nimmt.

Verbindungen. Das Wasser löst sehr viele Stoffe, namentlich aus der Klasse der Salze. Es geht aber auch, obgleich seinen sonstigen Eigenschaften nach zu den indifferenten Körpern gehörend, chemische Verbindungen ein, und zwar sowohl mit den Basen, denen gegenüber es die Rolle einer schwachen Säure spielt, als auch mit den Säuren, gegen die es sich als schwache Base verhält. Die Verbindungen von beiderlei Art werden als Hydrate bezeichnet. Daß das Wasser auch als sogenanntes Krystallwasser Verbindungen loser Art, namentlich mit den Salzen, einzugehen vermag, wurde schon auf S. 9 erwähnt.

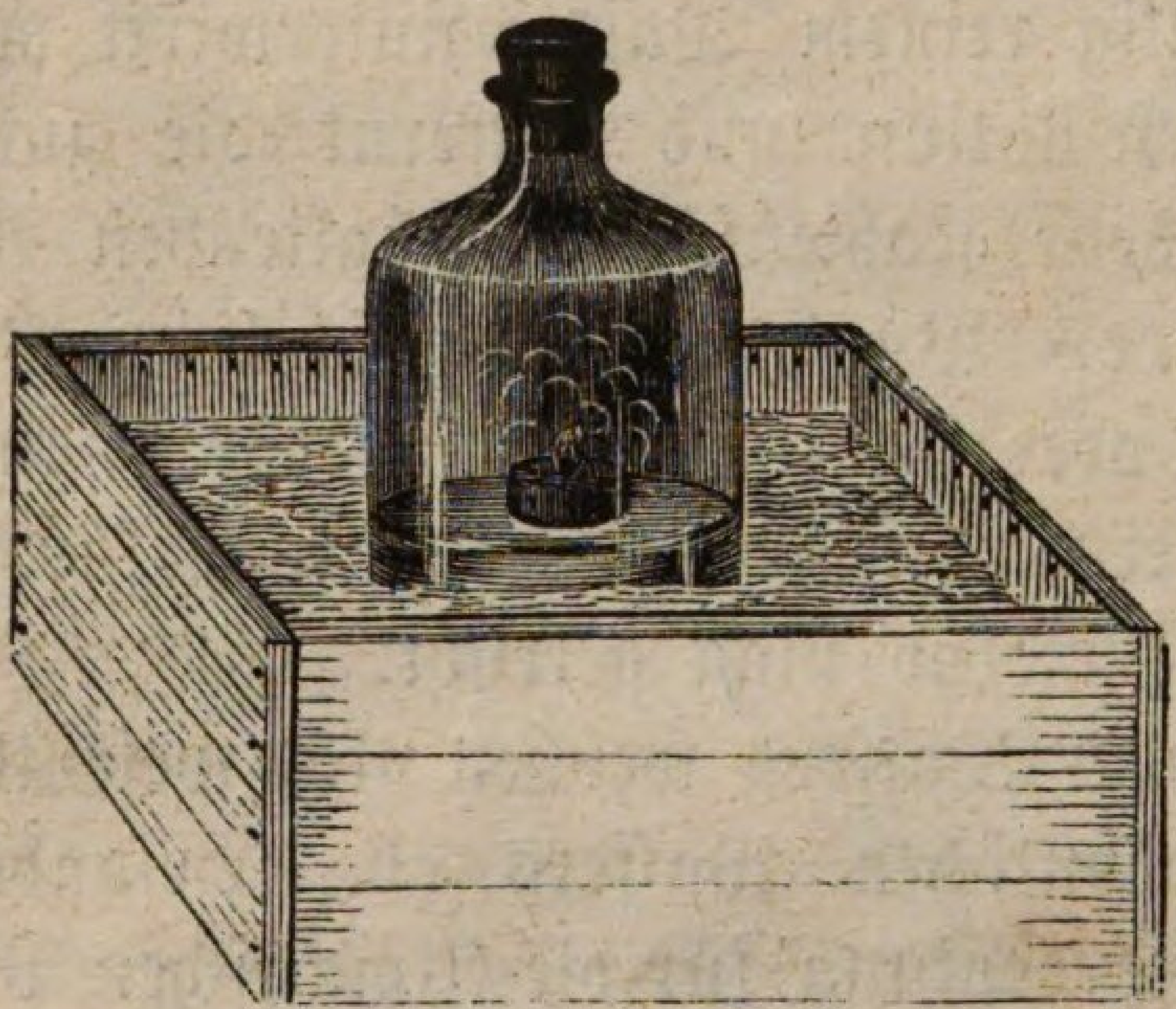
3. Stickstoff (Nitrogenium). N = 14.

Vorkommen. Der Stickstoff findet sich im freien Zustande in der atmosphärischen Luft, dem Volumen nach etwa $^4/_5$ derselben ausmachend, ferner chemisch gebunden in verschiedenen salpetersauren und Ammonium-Salzen, sowie in vielen organischen Verbindungen, besonders thierischen Ursprungs.

Darstellung. Man erhält ihn nahezu rein aus Luft, indem man derselben durch brennenden Phosphor, glühendes Eisen oder Kupfer, oder durch andere leicht oxydirbare Körper den Sauerstoff entzieht; völlig rein durch Erwärmen einer concentrirten Lösung von salpetrigsaurem Ammoniumoxyd:

$$NH^4O,NO^3 = 4HO + 2N.$$

Fig. 5.



Eigenschaften. Er ist ein farb-, geruch- und geschmackloses, nicht condensirbares Gas, das um ein Geringes leichter als Luft ist, von Wasser nur in halb so großer Menge aufgenommen wird als Sauerstoff, weder selbst brennt, noch das Brennen unterhält, auch ohne Beimengung von Sauerstoff nicht athembar ist. — Seine Affinitäten sind nur gering, und nur sehr schwierig und ausnahmsweise ist er directer Vereinigung fähig.

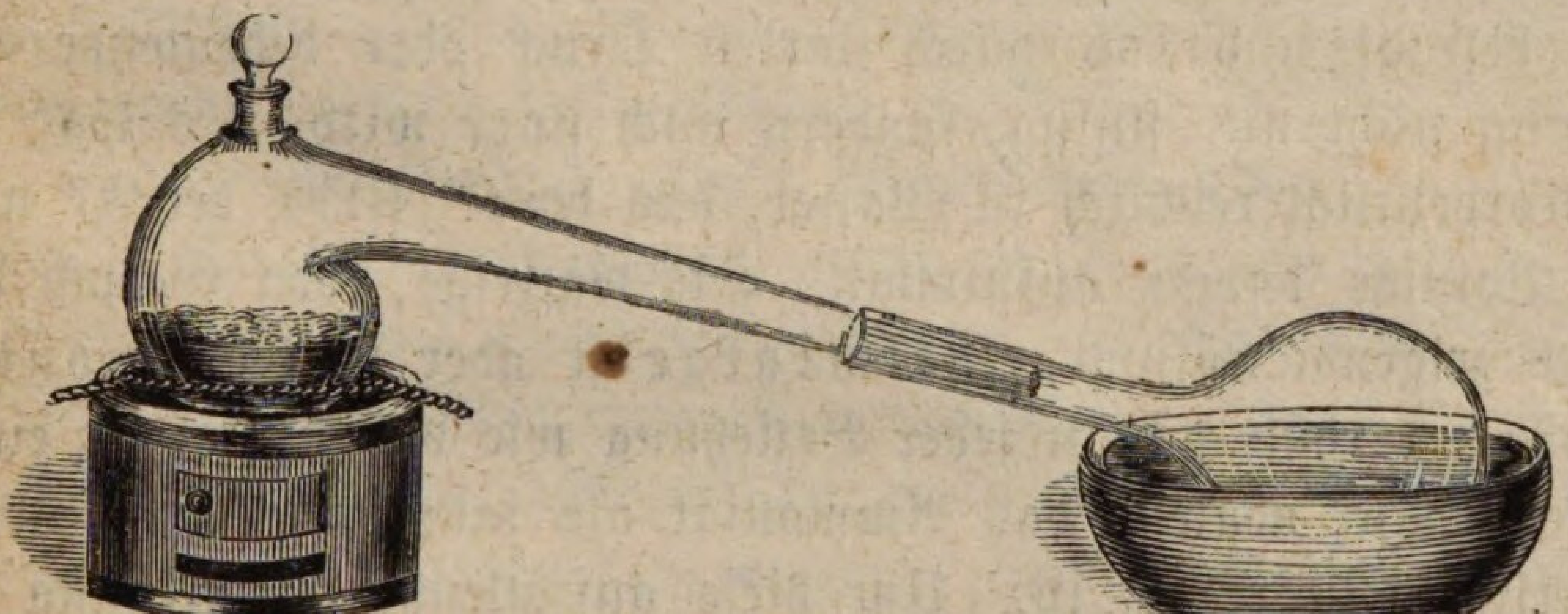
Verbindungen. Von den Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff haben wir nur die Salpetersäure, von seinen Wasserstoff-

verbindungen das **Ammoniak** und das **Ammonium** zu betrachten.

Salpetersäure. NO^5. — Diese kaum anders als in Verbindung mit Wasser, als Salpetersäurehydrat, NO^5,HO, bekannte Säure, bildet sich in kleinen Mengen beim Durchschlagen elektrischer Funken durch ein feuchtes Gemenge von Sauerstoff und Stickstoff (daher auch bei Gewittern); sie entsteht ferner aus Ammoniak (s. dies.), wenn dasselbe gleichzeitig mit starken Basen und freiem Sauerstoff, also atmosphärischer Luft, in Berührung ist. Mit letzterer Bildungsweise fällt wahrscheinlich die massenhafte Erzeugung von salpetersauren Salzen zusammen, welche stattfindet, wenn stickstoffhaltige organische Körper an der Luft bei Gegenwart starker Basen verwesen, da bei Abwesenheit der letzteren Ammoniak unter den Zersetzungsproducten auftritt (Salpeterplantagen. Mauerfraß). Bildung.

Das Salpetersäurehydrat wird leicht durch Destillation von 1 Aequivalent salpetersaurem Kali oder -Natron mit 2 Aequiv. Schwefelsäurehydrat erhalten: Darstellung.

Fig. 6.



$$KO,NO^5 + 2\,(SO^3,HO) = KO,HO,2SO^3 + NO^5,HO.$$

Es ist eine farblose, stechend riechende, höchst ätzend wirkende, die Haut gelb färbende und dann sie, wie überhaupt alle organischen Stoffe, zerstörende Flüssigkeit, die etwa anderthalb Mal schwerer als Wasser ist, bei 86° siedet, an der Luft begierig Wasser anzieht und sich in allen Verhältnissen damit mischt. Es ist wenig beständig. Schon im Lichte oder bei längerem Kochen färbt es sich gelb, indem ein Theil in Sauerstoff, Wasser und eine niedere Oxydationsstufe des Stickstoffs zerfällt. Ganz besonders leicht giebt es an oxydirbare Körper, wie Schwefel, Phosphor, Kohle, die meisten Metalle u. s. w., einen Theil seines Sauerstoffs ab, häufig schon bei gewöhnlicher, leichter bei erhöhter Eigenschaften.

Temperatur. Die Salpetersäure ist daher ein ausgezeichnetes Oxydationsmittel. Ihre Verbindungen mit Basen, die salpetersauren Salze, sind mit sehr wenigen Ausnahmen in Wasser leicht löslich und bilden neben gewissen Ammoniumsalzen die einzigen Substanzen, denen der pflanzliche Organismus seinen Bedarf an Stickstoff zu entnehmen vermag.

Salpetersaure Salze.

Bildung und Darstellung.

Ammoniak. NH^3. — Diese wichtige Verbindung entsteht niemals durch unmittelbare Vereinigung der freien Elemente, sondern nur wenn beide im Entstehungsmomente zusammentreffen. Von ganz besonderer Bedeutung ist ihre stete Bildung bei der Fäulniß und der trocknen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper; auch beim Athmungsproceß werden geringe Mengen davon erzeugt. Um das Ammoniak rein zu erhalten, muß man eine Ammonium-Verbindung (s. unten) durch eine starke Base zersetzen. Zweckmäßig erhitzt man 1 Th. Chlorammonium oder Salmiak mit 2 Th. gebranntem, vorher zu trocknem Hydrat gelöschtem Kalk.

Eigenschaften.

Das Ammoniak ist ein farbloses, äußerst stechend riechendes Gas, dessen Gewicht nur $^3/_5$ von dem seines gleichen Volumens Luft beträgt und das durch starken Druck oder bedeutende Abkühlung nicht nur flüssig, sondern auch starr wird. Es löst sich außerordentlich reichlich in Wasser, das bei 0° 1050, bei 20° noch 654 Volume davon aufnimmt. Die wässrige, den Geruch des Gases zeigende Lösung, Salmiakgeist oder Aetzammoniak genannt, verhält sich in jeder Beziehung wie die Auflösung einer starken Base, obgleich das Ammoniak als sauerstofffreier Körper natürlich keine Base ist. Um diese auffallende Erscheinung zu erklären, ist man zu der Annahme genöthigt, daß das Ammoniak in Berührung mit Wasser unter Aufnahme von 1 Aequivalent desselben sich in ein basisches Oxyd von der Formel NH^4O verwandelt:

Verbindungen.

$$NH^3 + HO = NH^4O,$$

in welchem die nicht isolirt darstellbare Gruppe NH^4, die man Ammonium nennt, die Rolle eines Metalls spielt. Man bezeichnet demnach die beim Zusammentreffen von Ammoniak mit Säurehydraten entstehenden salzartigen Verbindungen als Ammonium- oder Ammoniumoxydsalze. Jedes Ammoniumsalz ist mit Leichtigkeit daran zu erkennen, daß es schon in der Kälte beim Uebergießen mit wässrigem Kali oder Natron den characteristischen Geruch des Ammoniaks entwickelt. — Das hier zu

Ammoniumsalze.

erwähnende salpetersaure Ammoniumoxyd, NH^4O,NO^5, welches als künstlicher Düngstoff beachtenswerth ist, wird leicht durch Sättigung von Aetzammoniak mit Salpetersäure erhalten. Es bildet krystallwasserfreie zerfließliche Säulen, die sich sehr leicht in Wasser lösen. Salpetersaures Ammoniumoxyd.

4. Kohlenstoff (Carboneum). C = 6.

Der Kohlenstoff findet sich rein nur als regulär krystallisirender Diamant, eisenhaltig und hexagonal krystallisirt als Graphit, sehr unrein, noch die Entstehung aus organischen Substanzen verrathend und völlig amorph als Anthracit und Steinkohle. In chemischer Verbindung mit Sauerstoff kommen ungeheure Mengen von Kohlenstoff als Kohlensäure vor, die zum kleineren Theile frei, größtentheils mit Basen, namentlich mit Kalk, vereinigt angetroffen wird. Endlich ist der Kohlenstoff, wie schon früher erwähnt wurde, ein nie fehlender Bestandtheil aller organischen Verbindungen. Vorkommen.

Letztere hinterlassen, wenn sie bei Abschluß der Luft stark und anhaltend erhitzt (trockne Destillation, Verkohlung), oder bei ungenügendem Luftzutritt unvollständig verbrannt werden, einen bald kleineren bald größeren Theil ihres Kohlenstoffgehalts als sogenannte Kohle. Diese ist niemals reiner Kohlenstoff, sondern hält stets noch einen, wenn auch kleinen Rest der mit letzterem verbunden gewesenen Elemente zurück, namentlich Wasserstoff. Sie ist völlig amorph, unschmelzbar, von nur geringer Härte, bisweilen sehr dicht und fast metallglänzend, meistens jedoch porös. Letzterer Eigenschaft verdankt sie die Fähigkeit, nicht nur gasförmige Körper unter Wärme-Entwicklung in oft sehr reichlicher Menge zu absorbiren, sondern auch mancherlei Stoffe, namentlich organische Farb- und Riechstoffe, ihren Lösungen zu entziehen und auf sich niederzuschlagen, worauf ihre Anwendung zur Entfärbung von Flüssigkeiten, zur Verbesserung des Wassers, zum Conserviren von Fleisch u. s. w. beruht. Bildung von Kohle. Eigenschaften der Kohle.

Auch bei dem langsamen Vermoderungsproceß, den namentlich Pflanzenstoffe bei abgehaltener Luft erleiden und dessen Dauer nur nach geologischen Zeiträumen bemessen werden kann, hinterbleibt zuletzt fast reiner Kohlenstoff. Auf diesem Wege haben die fossilen Kohlen (Braunkohle, Steinkohle, Anthracit) aus baumartigen Gewächsen, der Torf aus Moosen, Binsen und andern Sumpfpflanzen ihre Entstehung genommen.

Verbindungen. Der Kohlenstoff vermag sich nur mit Sauerstoff und Schwefel, unter besondern Umständen auch mit Stickstoff, bei hohen Temperaturen direct zu vereinigen. Mit den übrigen Elementen ist er entweder nur auf indirectem Wege oder gar nicht verbindbar. Den Sauerstoff entzieht er bei Glühhitze auch einer großen Menge von Oxyden, namentlich den meisten Metalloxyden, daher die Kohle von größter Bedeutung für die Gewinnung der Metalle ist. — Von den Verbindungen des Kohlenstoffs, die, wie auf S. 6 bemerkt wurde, jetzt sämmtlich als organische betrachtet werden, behandeln wir die Kohlensäure aus Zweckmäßigkeitsgründen schon hier.

Bildung und Darstellung. **Kohlensäure.** CO^2. — Diese beim Verbrennen des Kohlenstoffs und aller kohlenstoffhaltigen Körper, bei der Gährung des Traubenzuckers, bei der Fäulniß und Verwesung von Pflanzen- und Thierstoffen und beim Athmungsproceß der Menschen und Thiere sich bildende und daher stets in der Athmosphäre vorhandene Verbindung läßt sich sehr leicht durch Zersetzung eines ihrer Salze mittelst einer stärkeren Säure darstellen:

$$CaO,CO^2 + NO^5,HO = CaO,NO^5 + CO^2 + HO.$$

Gewöhnlich übergießt man zu diesem Zweck Marmor mit verdünnter Salzsäure und fängt das sich entwickelnde Gas über

Eigenschaften. ausgekochtem, noch warmen Wasser auf. Sie ist ein farbloses, gelinde stechend riechendes, schwach säuerlich schmeckendes, Lackmus nur vorübergehend röthendes Gas, welches anderthalb mal schwerer als Luft ist, durch starken Druck und Kälte sowohl verflüssigt, als auch in den starren Zustand übergeführt werden kann, nicht brennbar ist und weder das Verbrennen noch das Athmen unterhält. Wasser löst davon bei 0° und gewöhnlichem Druck 1,8 Vol., bei verstärktem Druck in proportionalem Verhältniß mehr. Unter höherem Druck mit Kohlensäure gesättigte Flüssigkeiten lassen nach dem Aufhören desselben den Ueberschuß des Gases unter Schäumen entweichen.

Kohlensaure Salze. Die Kohlensäure ist nur eine schwache Säure und wird durch fast alle anderen Säuren aus ihren Salzen, den sogenannten Carbonaten, ausgetrieben. Diese verlieren die Kohlensäure mit wenigen Ausnahmen auch schon in höherer Temperatur. Sie sind meistens in Wasser unlöslich. Hierauf beruht auch die Anwendung des Kalkwassers, das durch Kohlensäure unter Bildung von kohlensaurem Kalk weiß getrübt und gefällt wird, als Reagens auf dieses Gas.

Kohlensaures Ammoniumoxyd, $2NH^4O, 3CO^2$, bildet sich, verunreinigt mit brenzlichen Producten, bei der trocknen Destillation von Knochen, Horn, Steinkohlen und anderen stickstoffhaltigen Substanzen organischen Ursprungs und wird fabrikmäßig durch Erhitzen eines Gemenges von Salmiak und Kreide als weiße krystallinische, sehr flüchtige, stark nach Ammoniak riechende, in Wasser ziemlich leicht lösliche Masse dargestellt. Das nämliche oder ein noch kohlensäurereicheres Salz findet sich in kleinen Mengen stets in der Atmosphäre und gelangt mit dem Regenwasser in die Gewässer und den Erdboden. Kohlensaures Ammoniumoxyd.

5. Schwefel (Sulfur). S = 16.

Dieses Element tritt zwar ziemlich häufig frei auf, namentlich in vulkanischen Gegenden — und zwar theils ganz rein und krystallisirt, theils innig gemengt mit erdigen Stoffen —, kommt aber in weit größerer Menge in Verbindung mit Metallen (Eisen, Blei, Kupfer u. s. w.) vor und am verbreitetsten in Form von schwefelsauren Salzen, die sich ganz besonders in der unorganischen Natur als Gyps, Schwerspath u. s. w., aber auch in allen pflanzlichen und thierischen Organismen finden. Letztere enthalten ihn außerdem noch als Bestandtheil gewisser organischer Verbindungen, unter denen die Eiweißstoffe, die leimgebenden Gewebe, sowie verschiedene flüchtige vegetabilische Oele, wie Senf- und Knoblauchöl, hervorzuheben sind. Vorkommen.

Der im Handel befindliche Schwefel wird zum größten Theil auf Sicilien durch bloßes Ausschmelzen oder Destillation des schwefelführenden Gesteins gewonnen, zum kleineren Theil durch Erhitzen von Schwefelkies (FeS^2) bei Abschluß von Luft, wobei derselbe die Hälfte seines Schwefelgehalts verliert. Darstellung.

Der Schwefel ist ein fester gelber krystallisirbarer durchsichtiger oder durchscheinender spröder geruch- und geschmackloser Körper, der Wärme und Elektricität nur schlecht leitet, etwa doppelt so schwer als Wasser ist, bei 111° schmilzt, bei 400° siedet, wenn Luft zutritt aber schon bei 260° sich entzündet und mit blaßblauer Flamme zu schwefliger Säure verbrennt. Er ist in Wasser vollkommen unlöslich, löst sich auch in Weingeist, Aether, ätherischen und fetten Oelen nur in geringer Menge, sehr leicht dagegen in Schwefelkohlenstoff und Chlorschwefel. — Er verbindet sich, das Fluor ausgenommen, mit allen Nichtmetallen und Metallen, mit vielen direct. Eigenschaften. Verbindungen.

Schweflige Säure. SO^2. — Diese unter den gasförmigen Auswurfstoffen der Vulkane in reichlicher Menge auftretende Verbindung entsteht immer, wenn Schwefel oder schwefelhaltige Körper in Sauerstoff oder atmosphärischer Luft verbrennen, wird aber rein am bequemsten dargestellt, indem man der sauerstoffreicheren Schwefelsäure durch Erhitzen mit Kupfer, Quecksilber, Kohle, Schwefel oder anderen leicht oxydirbaren Stoffen ein Drittel ihres Sauerstoffs entzieht:

$$2\,(SO^3,HO) + Cu = SO^2 + Cu\,O,SO^3 + 2\,HO.$$

Sie ist ein farbloses, erstickend riechendes, durch Druck oder Kälte ziemlich leicht flüssig und selbst fest zu erhaltendes Gas, das mehr als doppelt so schwer als Luft ist und von dem Wasser bei 0° fast sein 70faches Volumen löst. Sie unterhält das Brennen nicht, brennt auch nicht selbst, reizt schon in geringer Menge die Athmungsorgane heftig und wirkt auf viele farbige Pflanzen- und Thierstoffe bleichend. Bei Gegenwart von Wasser geht sie sehr leicht unter Aufnahme von noch einem Aequivalent Sauerstoff in Schwefelsäurehydrat über.

Schwefelsäure. SO^3. — Die Schwefelsäure findet sich nur selten im freien Zustande, um so reichlicher aber, wie schon erwähnt wurde, in Verbindung mit Basen in der Natur. Sie wird fast immer aus Schwefel dargestellt, den man zunächst zu schwefliger Säure verbrent, um diese darauf weiter durch Zusammenbringen mit Wasser und Salpetersäure in *Schwefelsäurehydrat*, SO^3,HO, zu verwandeln. Die *wasserfreie* Schwefelsäure ist zwar auch im freien Zustande bekannt, hat aber keine practische Bedeutung. Das Schwefelsäurehydrat findet sich nicht völlig rein und etwas wasserhaltiger, als der angegebenen Formel entspricht, als sogenannte *englische Schwefelsäure* im Handel. Die reine Verbindung ist farb- und geruchlos, von dicköliger Consistenz, schmeckt noch bei starker Verdünnung sehr sauer, ist beinahe doppelt so schwer als Wasser und siedet bei 327°. Sie zieht an der Luft begierig Wasser an und mischt sich damit unter starker Erhitzung in allen Verhältnissen. Im concentrirten Zustande zerstört sie alle Pflanzen- und Thierstoffe, indem sie dieselben auflöst oder unter Wasserentziehung verkohlt.

Schwefelsaure Salze.

Sie ist eine der stärksten Säuren und zersetzt die Salze fast aller anderen Säuren, indem sie diese austreibt und sich der Basen unter Bildung von schwefelsauren Salzen bemächtigt. Von diesen wird das hier zu erwähnende *schwefelsaure Ammonium*-

oxyd, NH^4O, SO^3, fabrikmäßig als Nebenprodukt bei der Gasbereitung gewonnen, indem man das viel kohlensaures Ammoniumoxyd enthaltende Theerwasser mit Kalk destillirt und das sich entwickelnde Ammoniak in verdünnte Schwefelsäure leitet. Es ist in reinem Zustande ein in farblosen sechsseitigen Säulen krystallisirendes, in Wasser leicht lösliches Salz, das nicht nur als Rohmaterial zur Darstellung anderer Ammoniumverbindungen, sondern auch als künstlicher Düngstoff Interesse beansprucht. Schwefelsaures Ammoniumoxyd.

Schwefelwasserstoff. HS. — Dieses Gas erzeugt sich überall, wo schwefelhaltige organische Stoffe in Fäulniß begriffen sind. Es ist daher in der Luft enthalten, welche Kloaken, Düngstätten und ähnliche Orte umgiebt und findet sich gelöst in den natürlichen Schwefelwässern (vergl. S. 11). Um es rein zu erhalten, muß man ein Schwefelmetall mittelst einer stärkeren Säure zersetzen, am besten Schwefeleisen mit verdünnter Schwefelsäure:

$$FeS + SO^3, HO = HS + FeO, SO^3.$$

Es ist ein farbloses, höchst unangenehm riechendes, giftig wirkendes, condensirbares Gas, welches etwas schwerer als Luft ist, sich leicht entzündet und mit blauer Flamme zu Wasser und schwefliger Säure verbrennt. Wasser von 0° löst davon etwa 4, solches von 16° etwa 3 Volume. Die Lösung, das Schwefelwasserstoffwasser, riecht wie das Gas und setzt an der Luft Schwefel ab. Sie ist ein werthvolles Reagens auf schwere Metalle.

6. Phosphor (Phosphorus). P = 31.

Der Phosphor kommt nur in Verbindung mit Sauerstoff als Phosphorsäure in Gestalt verschiedener phosphorsaurer Salze vor, namentlich als phosphorsaurer Kalk, der sich als Mineral (Apatit, Phosphorit) und vor allem im Thierreich findet, als Bestandtheil sowohl der Knochen, die zu zwei Drittheilen daraus bestehen, als auch der meisten thierischen Gewebe und Flüssigkeiten. Vorkommen.

Zur Darstellung des Phosphors erhitzt man weißgebrannte gepulverte Knochen mit mäßig verdünnter Schwefelsäure, wodurch schwefelsaurer Kalk und eine Lösung von übersaurem phosphorsaurem Kalk gebildet werden: Darstellung.

$$3CaO, PO^5 + 2(SO^3, HO) = 2(CaO, SO^3) + CaO, 2HO, PO^5.$$

Letztere verdampft man unter Zusatz von gepulverter Holzkohle

zur Trockne und unterwirft den Rückstand in thönernen Retorten bei Glühhitze der trockenen Destillation:

$$3(CaO, 2HO, PO^5) + 5C = 3CaO, PO^5 + 5CO^2 + 6HO + 2P.$$

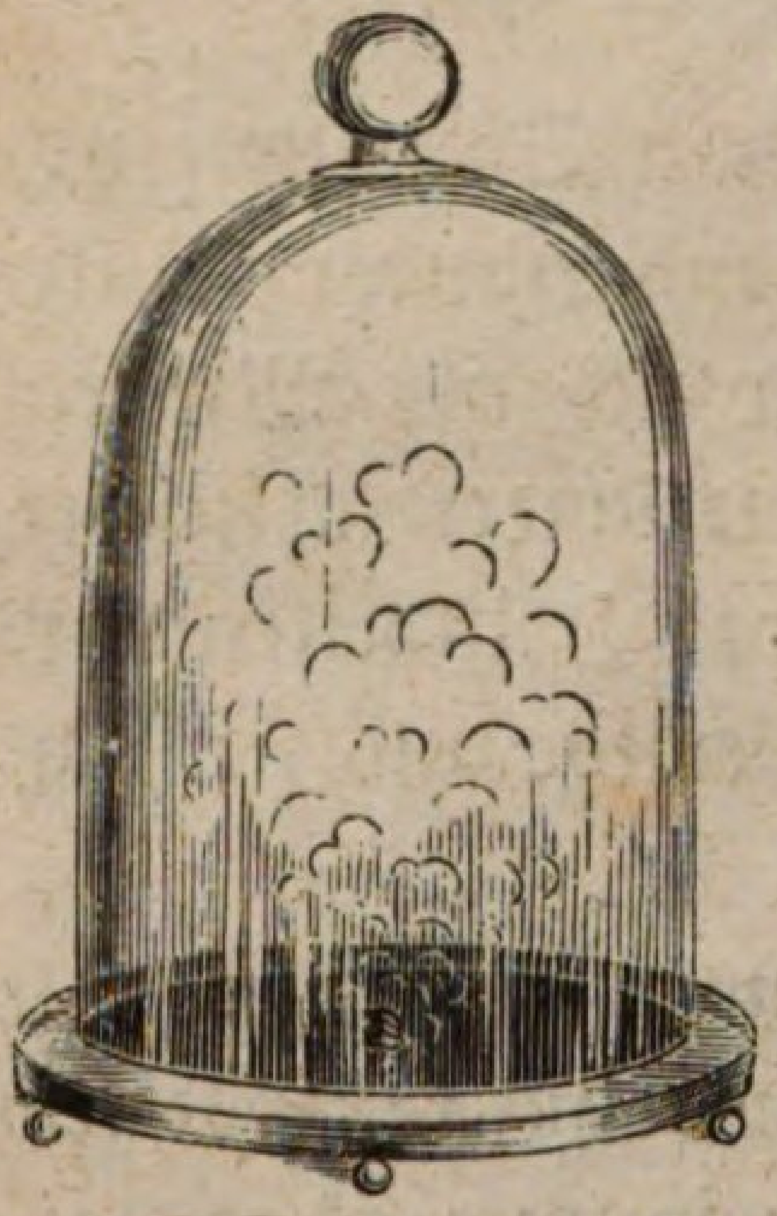
Der überdestillirende Phosphor wird unter Wasser aufgefangen und durch Umschmelzen unter Wasser und Hindurchpressen durch Leder gereinigt.

Eigenschaften. So dargestellt ist der Phosphor ein farbloser oder gelblicher durchsichtiger wachsglänzender und bei mittlerer Temperatur wachsweicher, in der Kälte jedoch spröder Körper, der beinahe doppelt so schwer als Wasser ist. Er riecht knoblauchartig, raucht an der Luft, leuchtet im Dunkeln und entzündet sich momentan beim Erwärmen auf 60° oder durch Reiben, allmälig auch beim bloßen Liegen an der Luft. Man muß ihn daher stets unter Wasser aufbewahren. Unter Wasser oder in einer sauerstofffreien Atmosphäre schmilzt er bei 44° und siedet in letzterer bei 290°, wobei er sich in einen farblosen Dampf verwandelt. In Wasser ist er unlöslich, löst sich auch in Weingeist, Aether und Oelen nur schwierig, leicht dagegen in Schwefelkohlenstoff. Er ist äußerst giftig. — Von seinen Verbindungen, die er in mehreren Verhältnissen mit Sauerstoff, Wasserstoff, Schwefel, Chlor und anderen Nichtmetallen, auch mit einigen Metallen eingeht, interessirt uns nur die Phosphorsäure.

Verbindungen.

Phosphorsäure. PO^5. — Diese höchste und beständigste Oxydationsstufe des Phosphors entsteht beim Verbrennen des Phosphors an der Luft und kann auf diese Weise leicht rein und im wasserfreien Zustande dargestellt werden. (Figur 7.) Sie bildet alsdann eine schneeweiße flockige geruchlose, stark sauer schmeckende Masse, die an feuchter Luft begierig Wasser anzieht und sich in eine Lösung von Phosphorsäurehydrat verwandelt. Letzteres kann man, jedoch nicht ganz frei von Kalk, auch durch Zersetzung von gebrannten Knochen durch Schwefelsäure darstellen. Es ist, wenn es durch Erhitzen bis zur Rothgluth soweit als möglich entwässert wurde, eine farblose durchsichtige glas- oder eisartige Masse von der Formel PO^5, HO, die aber nach dem Auflösen in Wasser bald noch zwei weitere Aeq. Wasser chemisch bindet und dann nach der Formel $PO^5, 3HO$ zusammengesetzt ist. Da diese 3 Aequivalente basisches Wasser

Fig. 7.



sowohl ganz als auch nur theilweise durch Basen ersetzt werden können, so bildet die Phosphorsäure mit jeder Base drei Salze, nämlich ein neutrales mit 3 Aeq. Base, ein einfach saures mit 2 Aeq. Base und 1 Aeq. basischem Wasser und ein übersaures 1 Aeq. Base und 2 Aeq. basischem Wasser. Die übersauren phosphorsauren Salze sind sämmtlich in Wasser löslich, von den einfach sauren und neutralen aber (unter den bekannteren Salzen) nur diejenigen des Ammoniums, des Kaliums und Natriums.

Phosphorsaure Salze.

7. **Silicium** oder **Kiesel** (Silicium). Si = 14,2.

Das Silicium ist nächst dem Sauerstoff wohl in größter Menge auf der Erde vorhanden. Es findet sich nur in Verbindung mit Sauerstoff als Kieselsäure, die theils frei, theils an Basen gebunden, in ungeheurer Menge im Mineralreiche und nur in sehr kleinen Quantitäten im Pflanzen- und Thierreiche vorkommt. Das Element selbst ist nur schwierig zu isoliren und wird entweder in Form bleiglauer undurchsichtiger metallglänzender, dem Graphit äußerst ähnlicher Krystallblätter, oder dunkelgrauer zu langen Prismen vereinigter Octaëder und Tetraëder, oder endlich als braunes amorphes Pulver erhalten. Es ist vollkommen unlöslich in Wasser und in Säuren und nur im amorphen Zustande verbrennbar. Von seinen Verbindungen erwähnen wir nur die Kieselsäure.

Vorkommen.

Eigenschaften.

Verbindungen.

Kieselsäure. Kieselerde. SO^2. — Freie Kieselsäure findet sich krystallisirt als Bergkrystall, Quarz, Amethyst, Quarzsand und Sandstein, amorph als Chalcedon, Jaspis, Achat, Opal, Feuerstein, Kieselsinter und Kieselguhr. Die meisten Quellwässer enthalten Spuren von freier Kieselsäure; reichlicher findet sie sich bisweilen in warmen und heißen Quellen vulkanischer Gegenden, an deren Ausflußöffnungen sich dann Incrustationen von Kieselsäure, der eben genannte Kieselsinter, bilden. Kleine Mengen von Kieselsäure kommen in der Asche aller Pflanzen vor, größere finden sich in den Halmen der Gräser und besonders in den Schachtelhalmen. Im Thierreiche bildet sie einen Hauptbestandtheil der Panzer gewisser Infusorien, deren Verwesungsrest der Kieselguhr oder die Infusorienerde ist. — Viel bedeutender als die Menge der freien ist diejenige der an Basen gebundenen Kieselsäure. Von den kieselsauren Salzen oder Silicaten, die eine große Neigung zur Hervorbringung von Doppelsalzen zeigen

Kieselsaure Salze.

und weitaus die größte Masse aller Gesteine ausmachen, sind Feldspath, Hornblende, Glimmer, Talk und Thon als die verbreitetsten hervorzuheben.

Die natürlich vorkommende krystallisirte Kieselsäure bildet Formen des rhomboedrischen Systems. Sie ist sehr hart, mehr als 2½mal schwerer als Wasser, nur bei den höchsten Temperaturen schmelzbar und für sich höchst feuerbeständig. Alle Lösungsmittel, mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure (s. d. Fluor), sind ohne Wirkung auf sie. Die amorphe Säure, welche sich in den oben angeführten Mineralien natürlich vorfindet und künstlich aus kieselsaurem Kali oder Natron durch Zersetzung mittelst stärkerer Säuren als gallertartige, nach dem Trocknen staubig-pulvrige Masse abgeschieden werden kann, unterscheidet sich von der krystallisirten namentlich durch ihre Löslichkeit in wässrigem Kali oder Natron.

8. Chlor (Chlorum). Cl = 35,5.

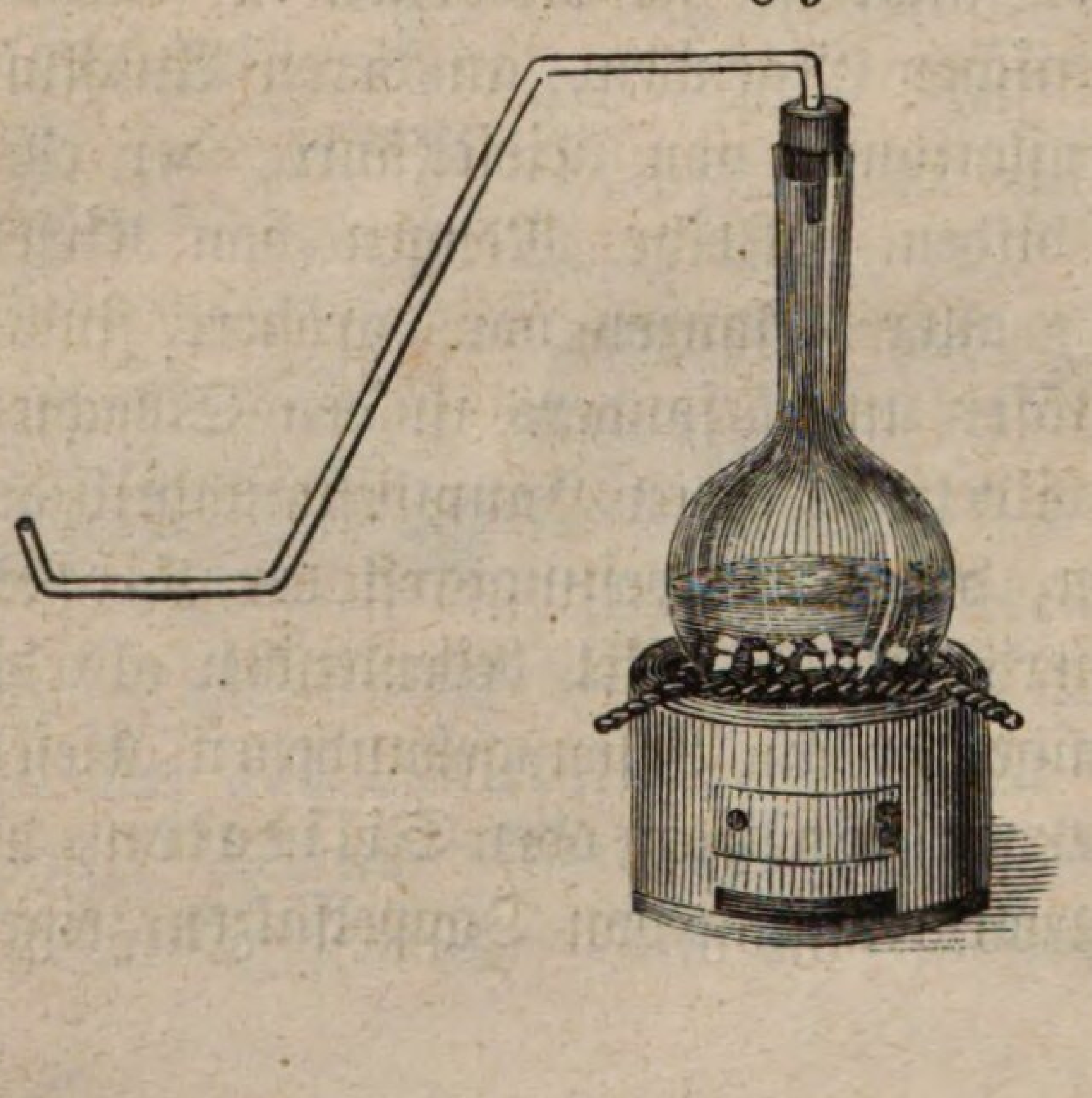
Vorkommen. Das Chlor findet sich in allen drei Naturreichen, in geringster Menge im Pflanzenreich, und zwar fast immer in Verbindung mit Metallen, ganz besonders als Chlornatrium, dann als Chlorkalium, Chlorcalcium, Chlormagnesium u. s. w.; in einigen Fumarolen, sowie im Magensaft auch als Chlorwasserstoff.

Darstellung. Um das Chlor im freien Zustande zu erhalten, muß man es in diesen Verbindungen durch Sauerstoff deplaciren. Man erwärmt zu diesem Zweck gewöhnlich mäßig concentrirte wässrige Salzsäure (s. unten) mit Braunstein:

$$2\,HCl + Mn\,O^2 = Mn\,Cl + 2HO + Cl,$$

oder ein Gemenge von Kochsalz (Chlornatrium) und Braunstein mit durch ihr halbes Gewicht Wassers verdünnter Schwefelsäure (Fig. 8):

Fig. 8.



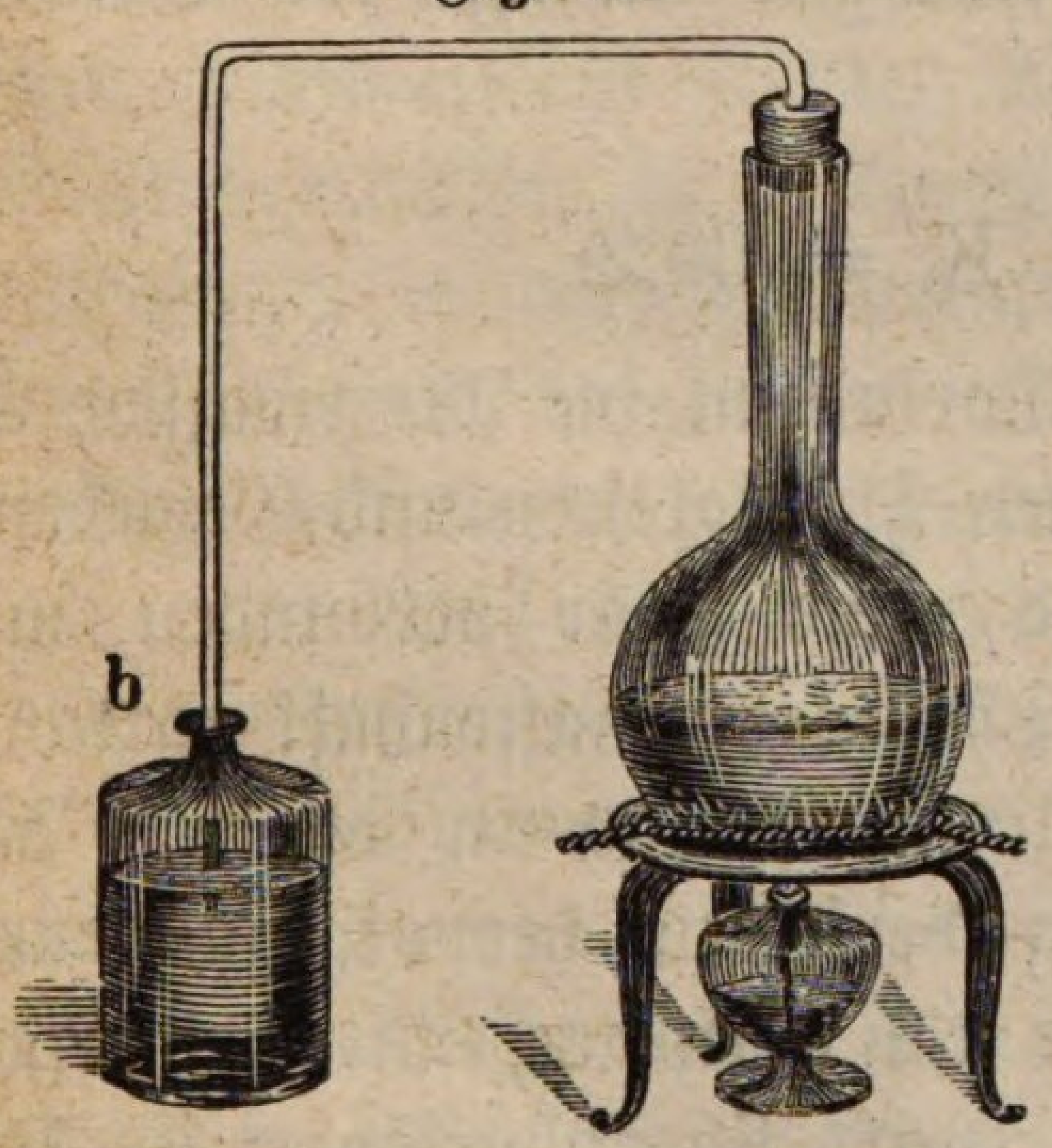
$$Na\,Cl + Mn\,O^2 + 2(SO^3, HO) = Na\,O, SO^3 + MnO, SO^3 + 2HO + Cl.$$

Eigenschaften. Das Chlor ist ein blaßgrüngelbes, unangenehm erstickend riechendes und die Athmungsorgane in heftigster Weise angreifendes Gas. Es ist 2½

mal schwerer als Luft und läßt sich durch Druck oder Kälte zu einer dunkelgelben Flüssigkeit verdichten. Wasser löst davon bei gewöhnlicher Temperatur sein 2—3faches Volumen. — Die Affinitäten des Chlors sind besonders starke: es verbindet sich mit den meisten Elementen direct und vielfach unter Feuererscheinung. Sein Bestreben, sich mit Wasserstoff zu vereinigen, ist so groß, daß es denselben sehr vielen unorganischen und organischen Verbindungen entzieht, namentlich wenn die Einwirkung durch Gegenwart von Licht begünstigt wird. Es beruht hierauf das Vermögen dieses Elements, organische Farbstoffe zu bleichen, Riech- und Ansteckungsstoffe zu zerstören, sowie seine kräftig oxydirende Wirkung bei Gegenwart von Wasser. Bemerkenswerth ist, daß es mit den Elementen Brom, Jod und Fluor darin übereinstimmt, mit dem Wasserstoff eine Verbindung von saurem, und mit den Metallen Verbindungen von salzartigem Charakter zu erzeugen. Man unterscheidet erstere als Wasserstoffsäuren, letztere als Haloidsalze (indem die 4 Elemente als Salzbildner oder Haloide bezeichnet werden) von den auf S. 9 besprochenen Sauerstoffsäuren und Sauerstoffsalzen. Verbindungen.

Chlorwasserstoff. Salzsäure. HCl. — Das Vorkommen dieser Verbindung in der Natur wurde schon oben erwähnt. Sie entsteht sowohl durch directe Vereinigung ihrer Elementarbestandtheile — die jedoch nicht im Dunkeln, sondern nur bei Gegenwart von Licht oder beim Durchschlagen elektrischer Funken oder beim Anzünden erfolgt —, als auch bei Einwirkung von Chlor auf zahlreiche Wasserstoffverbindungen. Zu ihrer Darstellung erwärmt man ein Chlormetall, am besten Chlornatrium (Kochsalz), mit concentrirter oder nur mit wenig Wasser verdünnter Schwefelsäure (Fig. 9):

Fig. 9.



$$NaCl + SO^3, HO = NaO, SO^3 + HCl.$$

Sie entwickelt sich alsdann als farbloses, an der Luft stark rauchendes, stechend und erstickend riechendes, Lackmus stark röthendes Gas, das etwas schwerer als Luft ist, durch starken Druck und Kälte verflüssigt werden kann und sich ungemein begierig und reichlich in Wasser löst (bei 0° zu 480 Vol.). Die wässrige

Lösung führt ganz allgemein den Namen Salzsäure. Sie ist farblos, unrein gewöhnlich gelb, raucht, wenn concentrirt, an der Luft und schmeckt noch bei großer Verdünnung stark sauer. Sie löst manche Metalle, z. B. Eisen und Zink, unter Bildung von Chlormetall und Entwicklung von Wasserstoff:

$$Fe + HCl = FeCl + H,$$

und die meisten Metalloxyde unter Bildung von Chlormetall und Wasser, z. B.:

$$ZnO + HCl = ZnCl + HO.$$

9. Fluor (Fluorum). Fl = 19.

Dieses erst in neuester Zeit isolirte, wenn auch schon länger in seinen Verbindungen bekannte gasförmige Element findet sich mineralisch als Fluorcalcium im Flußspath, auch noch in einigen selteneren Mineralien; ferner in geringer Menge, an leichte Metalle gebunden, in allen Pflanzen, in den Knochen und im Email der Zähne. — Seine Wasserstoffverbindung, der Fluorwasserstoff oder die Flußsäure, HFl, wird durch Erwärmen von gepulvertem Flußspath mit concentrirter Schwefelsäure erhalten. Sie ist ein farbloses, an der Luft stark rauchendes Gas, dessen wässrige Lösung wegen ihrer energischen Einwirkung auf Kieselsäure zum Aetzen von Glas und zur Analyse der Silicate Verwendung findet.

10. Kalium. K = 39,2.

Vorkommen. Dieses Metall findet sich als Chlorkalium im Meerwasser, in den Pflanzensäften und in thierischen Flüssigkeiten und Geweben; viel häufiger aber als Kaliumoxyd, und zwar verbunden mit Kieselsäure in verschiedenen, zum Theil sehr massenhaft vorkommenden Mineralien (Feldspath, Glimmer) und in der aus der Zertrümmerung und Verwitterung derselben hervorgegangenen Ackererde, ferner mit Salpetersäure als Salpeter, mit Schwefelsäure im Alaun und Alaunstein, mit Phosphorsäure in den thierischen Organismen, endlich mit verschiedenen Pflanzensäuren in den Säften der Pflanzen, namentlich der Landpflanzen, deren Asche daher immer kohlensaures Kaliumoxyd enthält.

Darstellung. Das am besten durch trockne Destillation eines innigen Gemenges von kohlensaurem Kaliumoxyd und Kohle aus einer schmiedeisernen Retorte bei stärkster Rothgluth und Auffangen der entweichenden Kaliumdämpfe in abgekühltem Steinöl zu er-

haltende Metall ist silberweiß, stark glänzend, bei gewöhnlicher Temperatur wachsweich, unter 0° spröde und hart, leichter als Wasser, schmilzt bei 62° und verwandelt sich bei Rothglühhitze in ein grünes Gas. An der Luft läuft es durch Oxydation sogleich an, muß daher unter einer sauerstofffreien Flüssigkeit aufbewahrt werden. Wird es an der Luft erhitzt, so entzündet es sich und verbrennt mit violetter Flamme. Auch beim Zusammentreffen mit Wasser entsteht augenblicklich Flamme, indem es das Wasser zersetzt und dabei zum Theil selbst nebst dem frei werdenden Wasserstoff in Folge der Reactionswärme entzündet wird. Es besitzt unter allen Elementen die größte Affinität zum Sauerstoff. Eigenschaften.

Kaliumoxyd oder **Kali**. KO. — Das Oxyd des Kaliums, welches gewöhnlich „Kali" genannt wird und mit dem Natron und den Oxyden einiger anderer, nur selten vorkommender Leichtmetalle die Gruppe der sogenannten Alkalien bildet, läßt sich auf practischem Wege nur in Verbindung mit Wasser, als Kaliumoxydhydrat oder Kalihydrat, KO,HO, darstellen, indem man kohlensaures Kali in wässriger Lösung bei Siedhitze durch Calciumoxydhydrat zersetzt: Verbindungen.

$$KO,CO^2 + CaO,HO = KO,HO + CaO,CO^2,$$

und die klar abgegossene Kalilauge in einem blanken eisernen Kessel zur Trockne verdampft. Es bildet alsdann eine weiße harte krystallinische Masse, die bei Rothglühhitze schmilzt, ohne ihr Hydratwasser zu verlieren, an der Luft begierig Wasser und Kolensäure anzieht und damit zerfließt, sehr ätzend schmeckt und thierische Gewebe zerstört. Als die stärkste unter allen Basen macht das Kali die anderen Basen in der Regel aus ihren Salzen frei. Die Kalisalze sind meistens krystallisirbar, in Wasser ohne Ausnahme löslich, gewöhnlich sogar leicht löslich. Sie färben, wie alle Kaliumverbindungen, die Weingeist- oder Löthrohrflamme violett.

Salpetersaures Kali oder Salpeter, KO,NO^5, findet sich in einigen heißen Ländern nach der Regenzeit als Bodenauswitterung, wird aber größtentheils künstlich dargestellt, neuerdings vielfach durch Zersetzung von salpetersaurem Natron mit Chlorkalium: Salpetersaures Kali.

$$NaO,NO^5 + KCl = KO,NO^5 + NaCl,$$

oder nach dem alten Verfahren in den sogenannten Salpeterplantagen. Es sind dies mauer- oder terassenförmige Aufschichtungen von thierischen Abfällen aller Art mit Kali oder kalk-

haltiger Erde, in denen sich bei jahrelanger Einwirkung der atmosphärischen Luft aus dem Stickstoff der organischen Materien allmälig Salpetersäure bildet und mit den vorhandenen Basen in Verbindung tritt. Die gebildeten Salze werden mit Wasser ausgelaugt, worauf man das Kalksalz in der Lauge durch Zusatz von Holzasche (die kohlensaures Kali enthält) in Kalisalz verwandelt und den durch Verdampfen der geklärten Flüssigkeit gewonnenen Rohsalpeter durch Umkrystallisiren reinigt. Der Kalisalpeter bildet farblose durchsichtige gestreifte sechsseitige Säulen, die sich in 4 Th. Wasser von 15° und schon in ½ Th. von 100° lösen.

Kohlensaures Kali. Kohlensaures Kali oder Pottasche, KO,CO^2, findet sich neben schwefelsaurem und etwas kieselsaurem Kali, neben Chlorkalium, Magnesia- und Kalksalzen in der Holzasche, aus derem wässrigen Auszuge durch Eindampfen und Glühen des Rückstandes die Pottasche des Handels dargestellt wird. Im reinen Zustande bildet es eine feste weiße, an der Luft rasch zerfließende, laugenhaft schmeckende, stark alkalisch reagirende Masse, die sich in allen Verhältnissen in Wasser löst.

Kieselsaures Kali. Kieselsaures Kali kommt in vielen Mineralien vor, ist ferner ein Bestandtheil mancher Glassorten und wird künstlich durch Auflösen von Kieselsäurehydrat in Kalilauge oder durch Zusammenschmelzen von Quarzpulver und kohlensaurem Kali von wechselnder Zusammensetzung erhalten. Es ist um so schwerer löslich in Wasser, je mehr Kieselsäure es enthält.

Chlorkalium. KCl. — Das Vorkommen des Chlorkaliums ist schon oben besprochen. Es ist ein weißes, in Würfeln krystallisirendes, dem Kochsalz äußerst ähnliches Salz.

11. Natrium. Na = 23.

Das Natrium findet sich in größter Menge als Chlornatrium, und zwar im Steinsalz, im Meerwasser, in den Salzsoolen, vielen Mineralwässern und fast allem Quellwasser, ferner in den Pflanzen und reichlicher noch im thierischen Organismus; als Natriumoxyd kommt es in Verbindung mit Kieselsäure, mit Salpetersäure, Schwefelsäure und anderen Säuren vor. Seine Darstellung wird ganz wie diejenige des Kaliums bewirkt, dem es auch in seinen Eigenschaften und seinem chemischen Verhalten äußerst ähnlich ist.

Verbindungen. **Natriumoxyd** oder **Natron.** NaO. — Gleicht ganz dem Kaliumoxyd. Seine Salze sind wie die Kalisalze meistens in

Wasser leicht löslich; sie färben die Weingeist- oder Löthrohrflamme gelb.

Salpetersaures Natron oder Chilisalpeter, NaO,NO^5, findet sich in mächtigen Lagern in Chili und Peru. Krystallisirt in farblosen würfelähnlichen Rhomboëdern, die sich in Wasser leichter als Kalisalpeter lösen. Salpetersaures Natron.

Schwefelsaures Natron oder Glaubersalz, $NaO,SO^3 + 10 Aq.$, ist Bestandtheil vieler Mineralwässer und wird durch Zersetzung von Chlornatrium mit Schwefelsäure künstlich dargestellt. Bildet lange farblose, schief rhombische Säulen, die an der Luft verwittern und sich reichlich in Wasser lösen. Schwefelsaures Natron.

Kohlensaures Natron oder Soda, $NaO,CO^2 + 10 Aq.$, findet sich hier und da natürlich, wird aber größtentheils künstlich durch Glühen von schwefelsaurem Natron mit kohlensaurem Kalk und Kohle dargestellt. Krystallisirt in großen farblosen, schief rhombischen Säulen von stark alkalischer Reaction, die sich schon in 2 Th. kaltem Wasser lösen. Kohlensaures Natron.

Chlornatrium. Kochsalz. $NaCl$. — Wird im Großen entweder bergmännisch als Steinsalz gewonnen, oder durch Abdampfen seiner natürlich vorkommenden oder künstlich in Steinsalzlagern hergestellten Auflösungen, der Salzsoolen, oder endlich aus dem Meerwasser, welches man in südlichen Ländern in flachen Bassins durch Sonnenwärme verdunstet, in kalten Gegenden durch theilweises Gefrierenlassen des Wassers concentrirt und dann durch Einkochen zum Krystallisiren bringt. Es krystallisirt in farblosen durchsichtigen Würfeln und löst sich in nicht ganz 3 Theilen kalten wie kochenden Wassers. Wenn es an der Luft feucht wird und bitter schmeckt, so ist es mit Chlormagnesium verunreinigt.

12. Calcium. $Ca = 20$.

Dieses sehr verbreitete Metall findet sich meistens als Oxyd, gebunden an Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure und andere Säuren, sowohl in der unorganischen als in der organischen Natur; ferner als Chlorcalcium im Meerwasser und als Fluorcalcium im Flußspath. Es ist nur schwierig zu isoliren und zeigt dann eine hellgelbe Farbe, läuft aber an feuchter Luft rasch an und zersetzt das Wasser schon bei gewöhnlicher Temperatur. Seine Verbindungen ertheilen der Flamme eine rothgelbe Färbung. Verbindungen.

Calciumoxyd oder Kalk. CaO. — Wird durch Glühen von kohlensaurem Kalk (Kalkbrennen) erhalten und bildet eine weiße erdige unschmelzbare Masse, die an der Luft begierig Kohlensäure und Wasser anzieht und sich beim Uebergießen mit wenig Wasser unter starker Erhitzung in weißes pulvriges Kalkhydrat, CaO,HO, verwandelt (Löschen des Kalks). Dieses giebt mit 800 Th. Wasser eine klare, alkalisch reagirende Auflösung, das sogen. Kalkwasser. Von den Salzen des Calciumoxyds sind die meisten in Wasser schwer löslich oder unlöslich.

Salpetersaurer Kalk.

Salpetersaurer Kalk, CaO,NO^5, bildet sich in jedem kalkhaltigen lockeren Boden, in dem thierische Materien verwesen, und findet sich häufig als Auswitterung an den Mauern der Viehställe (Mauersalpeter). Krystallisirt in langen farblosen, sehr zerfließlichen und in Wasser leicht löslichen Säulen mit 4 Aequivalenten Krystallwasser.

Kohlensaurer Kalk.

Kohlensaurer Kalk, CaO,CO^2, findet sich in außerordentlicher Verbreitung krystallisirt oder krystallinisch als Kalkspath, Arragonit und Marmor, derb als Kalkstein, Tropfstein, Kreide und in mancherlei anderen mineralischen Bildungen, ferner in fast allem Quellwasser, in den Knochen, in den Eierschalen, den Schalen der Mollusken, in den Korallen, Perlen und anderen thierischen Concretionen. Künstlich erhält man kohlensauren Kalk durch Fällung einer wässrigen Auflösung von salpetersaurem Kalk oder Chlorcalcium mit kohlensaurem Kali oder Natron:

$$CaCl + NaO,CO^2 = CaO,CO^2 + NaCl.$$

Er ist unlöslich in reinem Wasser, löst sich aber in kohlesäurehaltigem Wasser und mit Leichtigkeit und unter Kohlensäure-Entwicklung in verdünnter Salzsäure oder Salpetersäure. Beim Glühen verliert er die Kohlensäure vollständig.

Schwefelsaurer Kalk.

Schwefelsaurer Kalk, CaO,SO^3, findet sich wasserfrei nur selten als Anhydrit, dagegen sehr häufig in Verbindung mit 2 Aequivalenten Wasser, und zwar dicht und unrein als Gypsstein, körnig-krystallinisch als Alabaster, krystallisirt als Gypsspath, gelöst auch in vielem Quell- und Brunnenwasser. Künstlich wird er durch Fällung einer nicht zu verdünnten Auflösung von Chlorcalcium oder salpetersaurem Kalk mittelst Schwefelsäure oder schwefelsaurem Natron als weißes krystallinisches Pulver erhalten. Er löst sich in 430 Th. kaltem Wasser. Bei 180° verliert er den größten Theil seines chemisch gebundenen Wassers

(gebrannter Gyps), nimmt dasselbe aber beim Zusammenbringen mit Wasser unter starker Erhitzung wieder auf.

Phosphorsaurer Kalk kommt als neutrales Salz, 3 CaO,PO^5, im Mineralreiche krystallisirt als Apatit vor, dicht als Phosphorit und Osteolith, im Thierreich als Hauptbestandtheil der Knochen, etwa $^4/_5$ der Knochenasche ausmachend. Es verwandelt sich bei Einwirkung von Säuren in das übersaure Salz. Phosphorsaurer Kalk.

Ein einfach-saures Salz, 2 CaO,HO,PO^5, kommt bisweilen im Harn, sowie in Harnsedimenten und Concretionen vor und wird künstlich durch Fällung einer wässrigen Lösung von Chlorcalcium mit einfach-saurem phosphorsaurem Natron als weißer krystallinischer Niederschlag erhalten.

Ein übersaures Salz, CaO, 2 HO,PO^5, findet sich gelöst in allen sauren thierischen Flüssigkeiten, in der Fleischflüssigkeit, im saueren Harn u. s. w., und entsteht beim Auflösen der beiden vorhergehenden Salze in Säuren. Ist Hauptbestandtheil des durch Behandlung von Knochenmehl oder Phosphorit mit Schwefelsäure bereiteten und unter dem Namen Superphosphat im Handel befindlichen Düngmittels.

Chlorcalcium. CaCl. — Natürlich im Meerwasser und in einigen Mineralquellen; künstlich leicht durch Auflösen von kohlensaurem Kalk in wässriger Salzsäure zu erhalten:

$$CaO,CO^2 + HCl = CaCl + HO + CO^2.$$

Es ist ein weißes krystallisirbares, an der Luft sehr begierig Wasser anziehendes und bald zerfließendes Salz, das vielfach zum Entwässern von Gasen und Flüssigkeiten benutzt wird.

13. Magnesium. Mg. = 12.

Findet sich in ähnlichen Verbindungen wie das Calcium, dieses fast immer begleitend, namentlich als kohlensaures, schwefelsaures und kieselsaures Magnesiumoxyd und als Chlormagnesium.

Das nicht sehr schwierig zu isolirende Metall ist silberweiß, glänzend, ductil und hämmerbar, nicht ganz 2 mal schwerer als Wasser. Es verändert sich an trockner Luft nur wenig, zersetzt das Wasser erst bei 100° und verbrennt erhitzt mit glänzendem Lichte.

Magnesiumoxyd. Magnesia. Bittererde. Talkerde. MgO. — Wird durch Glühen der kohlensauren Magnesia als weißes lockeres geruch- und geschmackloses unschmelzbares, in Wasser nahezu unlösliches Pulver erhalten. Verbindungen.

Kohlensaure Magnesia.

Kohlensaure Magnesia, MgO,CO², findet sich natürlich als Magnesit, meistens in weißen derben Massen, seltener krystallisirt. Eine Doppelverbindung mit kohlensaurem Kalk ($MgO,CO^2 + CaO,CO^2$) ist der bekannte Dolomit. Künstlich durch Fällung von wässriger schwefelsaurer Magnesia oder von Chlormagnesium mit kohlensaurem Natron erhalten bildet die Verbindung ein weißes lockeres Pulver mit geringerem Kohlensäuregehalt.

Schwefelsaure Magnesia.

Schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz, $MgO,SO^3 + 7$ Aq., findet sich gelöst in den sogenannten Bitterwässern (vergl. S. 11) und im Meerwasser, fest bisweilen als Auswitterung an Mauern und Gesteinen (Haarsalz). Bildet klare rhombische Säulen und Nadeln, die sich schon in 2 Th. kalten Wassers lösen.

Kieselsaure Magnesia.

Kieselsaure Magnesia setzt mehrere wichtige Mineralien, so namentlich Speckstein, Meerschaum, Talk und Serpentin zusammen. Auch zahlreiche Doppelsilicate, wie Asbest, Hornblende, Augit, Olivin u. s. w. enthalten kieselsaure Magnesia als Bestandtheil.

Chlormagnesium. MgCl. — Findet sich wie das Chlorcalcium und wird wie dieses dargestellt. Krystallisirt in weißen zerfließlichen Nadeln.

14. Aluminium. Al = 13,75.

Sehr verbreitet; fast nur als Aluminiumoxyd, theils frei, theils mit Schwefelsäure und namentlich mit Kieselsäure verbunden. Ist ein grauweißes glänzendes, sehr geschmeidiges Metall, $2^1/_2$ mal schwerer als Wasser, an der Luft unveränderlich, das Wasser auch bei Glühhitze nicht zersetzend.

Verbindungen.

Aluminiumoxyd oder **Thonerde.** Al^2O^3. — Kommt krystallisirt als Saphir, Rubin und Korund, krystallinisch und unrein als Smirgel vor. Durch Fällung löslicher Thonerdesalze mittelst Ammoniak erhält man gallertartiges Thonerdehydrat, das zu einer gummiartigen Masse eintrocknet und beim Glühen sich in weiße pulvrige geschmack- und geruchlose, in Wasser vollkommen unlösliche wasserfreie Thonerde verwandelt.

Alaun.

Schwefelsaure Kali-Thonerde oder Alaun. $KO,SO^3 + Al^2O^3, 3\,SO^3 + 24$ Aq., das unter den löslichen Thonerdesalzen bekannteste Doppelsalz, findet sich hier und da natürlich als Auswitterung aus Thon- und Kohlenschiefern und wird in

großem Maßstabe fabrikmäßig dargestellt. Es krystallisirt in farblosen durchsichtigen Octaëdern, die sich in 10—15 Th. kaltem Wasser lösen.

Kieselsaure Thonerde ist wesentlicher Bestandtheil zahlreicher Mineralien, Gesteine und Erdarten. Aus reiner kieselsaurer Thonerde bestehen die Mineralien Disthen, Allophan, Kaolin u. a. Verschiedene Doppelsilicate, die kieselsaure Thonerde enthalten und als Verwitterungsproduct den Thon liefern, werden weiter unten namhaft gemacht werden. Letzterer besteht im Wesentlichen aus kieselsaurer Thonerde, enthält aber außerdem in der Regel noch Carbonate des Kalks, der Magnesia und des Eisenoxyduls, sowie Eisen- und Manganoxyd. Die reineren Thonarten (die fetten) bilden mit Wasser eine plastische Masse. Ein sehr unreiner (magerer) Thon, der viel kohlensauren Kalk enthält, ist der Mergel und der neben Kalkstein nur noch etwa 10—20 % kieselsaurer Thonerde enthaltende Cämentstein. Kieselsaure Thonerde.

15. Eisen (Ferrum). Fe = 28.

Das Eisen findet sich höchst selten und beinahe nur im Meteoreisen gediegen, desto verbreiteter in Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel in zahlreichen Mineralien und Gesteinen, in der Ackererde und beinahe allem Quell- und Flußwasser. Auch in den Organismen ist das Eisen ein nie fehlender Bestandtheil, namentlich findet es sich reichlich im rothen Blutfarbstoff und im Blattgrün.

Mit dem Sauerstoff geht das Eisen zwei basische Verbindungen ein, das Eisenoxydul, FeO, dessen Carbonat, FeO,CO^2, insofern Interesse besitzt, als es diejenige Verbindungsform ist, in welcher vermöge ihrer Löslichkeit in kohlensäurehaltigem Wasser das Eisen nicht nur meistentheils in die Gewässer übergeht, sondern auch vom pflanzlichen Organismus aufgenommen wird, und das Eisenoxyd, Fe^2O^3. Letzteres findet sich krystallisirt als Eisenglanz und Eisenglimmer, krystallinisch oder derb als Rotheisenstein, in Verbindung mit Wasser als Brauneisenstein und in einigen anderen Bildungen, in kleiner Menge außerdem überall in der Ackererde. Verbindungen.

16. Mangan. Mn = 27,5.

Dieses Metall wird hier nur deßhalb erwähnt, weil es als steter Begleiter des Eisens zugleich mit diesem, aber nur in

geringen Spuren, in den pflanzlichen und thierischen Organismus eintritt.

III. Die Atmosphäre und der Boden als Nahrungsquellen der Pflanzenwelt.

Verwandlung der unorganischen Verbindungen in organische.

Es sind die im Vorhergehenden besprochenen Grundstoffe, welche an der Zusammensetzung des Pflanzen- und Thierkörpers Theil nehmen; von den übrigen werden nur noch einige wenige ausnahmsweise in der organischen Welt angetroffen, alle anderen sind für dieselbe bedeutungslos. Mit einziger Ausnahme des Sauerstoffs vermag kein Element sich im freien Zustande an der Bildung der Organismen zu betheiligen; immer geschieht dies in Form von Verbindungen. Die Zahl der unorganischen Verbindungen, die hierbei eine Rolle zu spielen berufen sind, ist eine sehr beschränkte, auch müssen sie sämmtlich in den drei Medien vorhanden sein, an welche das Pflanzen- und Thierleben mit seiner Existenz geknüpft ist, in der Atmosphäre, den Gewässern und dem Boden. Die Verwandlung dieser unorganischen Verbindungen in organische bewirkt die Pflanze, die mit ihrer Ernährung ausschließlich auf unorganisches Material angewiesen ist, während der thierische Organismus, vom Kochsalz abgesehen, nur organische Nahrung verwerthen kann.

Ueber die chemische Beschaffenheit der Gewässer ist bereits auf Seite 11 das Nöthigste mitgetheilt worden, dagegen bedarf die Zusammensetzung der Atmosphäre und des Bodens noch einer näheren Erörterung.

Die atmosphärische Luft. — Die Luft ist ein mechanisches, in seiner Mischung wandelbares Gemenge der gasförmigen Elemente Stickstoff und Sauerstoff mit geringen Mengen von Wasserdampf, Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure. Außerdem enthält sie noch mancherlei andere gasförmige, ja selbst feste Körper, deren Art und Menge durch locale Verhältnisse bedingt ist.

Gehalt an Sauerstoff und Stickstoff.

Nahezu constant, unter allen Breiten, in allen Höhen und zu allen Zeiten, ist das Verhältniß der beiden elementaren Hauptbestandtheile. Immer finden sich, wenn man von den Nebenbestandtheilen absieht, auf 79 Raumtheile Stickstoff 21 Raumth.

Sauerstoff, oder auf etwa 77 Gewichtstheile des ersteren 23 Gewichtstheile des letzteren. Eine Ausnahme macht nur die Luft im Regen- und Schneewasser, die in Folge der größeren Löslichkeit des Sauerstoffs in Wasser reicher an diesem ist. Stets ist ein gewisser, aber immer nur sehr kleiner Theil des Sauerstoffs als Ozon (vergl. S. 8) vorhanden, das dazu bestimmt zu sein scheint, den sonst für den organischen Stoffwechsel völlig nutzlosen Stickstoff partiell in Salpetersäure überzuführen, die dann in Verbindung mit Ammoniak als Pflanzennährstoff dienen kann.

an Kohlensäure;

Die Kohlensäure, für deren Anwesenheit in der Luft die Verwesung, Fäulniß und Verbrennung organischer Materien, sowie der Athmungsproceß der Menschen und Thiere (ein erwachsener Mensch athmet stündlich etwa 55 Grm. dieser Säure aus) die Quellen sind, beträgt im Freien 0,04 % dem Volumen und 0,06 % dem Gewicht nach im Mittel. Jedoch ist die Luft in den Poren des Bodens und im Regenwasser viel kohlensäurereicher: im ersteren kann sie 1, ja nach frischer Düngung bis 10, in letzterem 2½ Volumprocente der gelösten Luft betragen. Eine Zunahme des Kohlensäure- und eine entsprechende Abnahme des Sauerstoffgehalts der Luft findet deßhalb nicht statt, weil die Pflanzen während ihrer Vegetation durch Blätter und Wurzeln Kohlensäure als ihren wichtigsten Nährstoff aufnehmen, sie im Lichte innerhalb ihrer grünen Theile zerlegen und nach Aneignung des Kohlenstoffs den größten Theil ihres Sauerstoffs wieder ausscheiden.

an Ammoniak;

Bedeutend geringer als die Menge der Kohlensäure ist diejenige des Ammoniaks in der Luft. Im Mittel mag es 0,00016 Volumprocente betragen. Seine Quellen sind der Fäulniß- und Athmungsproceß (ein erwachsener Mensch athmet täglich etwa 0,219 Grm. Ammoniak aus). Niemals ist es frei vorhanden, sondern entweder an Kohlensäure oder an Salpetersäure gebunden.

an Salpetersäure;

Die Salpetersäure findet sich stets an Ammoniak gebunden vor, aber immer in geringerer Menge als dieses, am reichlichsten nach Gewittern.

an Wasser;

Das Wasser nimmt unter den Nebenbestandtheilen der Luft der Menge nach die erste Stelle ein. Immer ist es von dem Wasser der Erdoberfläche abgedunstet und sowohl in Gasform als im bereits verdichteten Zustande in Gestalt der die Wolken und Nebel bildenden Wasserbläschen vorhanden. Seine Menge ist großen Schwankungen unterworfen. Sie ist größer bei Tage

als in der Nacht, größer in heißen Gegenden als in kalten, größer im Sommer als im Winter, da warme Luft mehr Wasser aufnehmen kann, als kalte.

an zufälligen Bestandtheilen.

Unter den gasförmigen Stoffen, deren Vorkommen in der Luft nur durch locale Verhältnisse bedingt ist, befinden sich Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd u. a. m., und zu den festen Bestandtheilen, die im äußerst fein vertheilten Zustande als Staub sich in der Luft schwebend erhalten, liefern die mannigfaltigsten Dinge ihren Beitrag.

Bildung des Bodens.

Der Boden. — Der Boden besteht aus größeren und kleineren Gesteinstrümmern, untermengt mit Resten von Pflanzen- und Thierstoffen. Er verdankt seine Entstehung zwei ununterbrochen von Statten gehenden Vorgängen, der Verwitterung von Gesteinen und der Verwesung organischer Materien.

Der Verwitterungsproceß.

Die Gesteine, welche durch ihr massenhafteres Vorkommen ganz besonderen Antheil an der Bodenbildung nehmen, sind theils einfacher, theils zusammengesetzter Art, d. h. entweder einzelne, als bestimmte chemische Verbindungen zu betrachtende Mineralien, oder Gemenge von mehreren derselben.

Einfache Gesteine, die zur Bodenbildung beitragen.

Unter den einfachen Gesteinen nimmt eine der ersten Stellen die Familie der Feldspathe ein. Diese in hervorragender Weise auch an der Bildung zusammengesetzter Gesteine betheiligten Mineralien sind Doppelsilicate und enthalten kieselsaure Thonerde einerseits und andererseits Verbindungen von Kieselsäure mit Kali (Orthoklas oder gemeiner Feldspath), oder mit Kali, Natron und Kalk (Oligoklas), oder mit Natron und Kalk (Labrador). Die Verwitterung der Feldspathe besteht im Wesentlichen darin, daß ihnen durch kohlensäurehaltiges Wasser allmälig Kali, Natron, Kalk und ein Theil der Kieselsäure entzogen wird und als Rest die kieselsaure Thonerde mit einem geringen Rückhalt von kieselsaurem Alkali und eventuell einer größeren Beimengung von kohlensaurem Kalk als sogen. Thon (vergl. S. 31) zurückbleibt. Reiner Thon ist in Wasser völlig unlöslich und kann daher für sich den Pflanzen nur als Standort dienen, sie aber nicht ernähren. Da derselbe jedoch in hohem Grade die Fähigkeit besitzt, nicht nur Wasser aufzusaugen und Gase zu absorbiren, sondern auch aus Lösungen fester Stoffe die letzteren zurückzuhalten, so spielt er in indirecter Weise eine wichtige Rolle bei der Pflanzenernährung, indem er der Bodenflüssigkeit die darin gelösten Nahrungsstoffe, welche

sonst zum Theil mit den Rieselwässern abziehen und nicht zur Verwendung kommen würden, entzieht, um sie der Pflanze darzubieten, wenn sie ihrer bedarf.

Ein anderes, sehr verbreitetes Mineral ist der Glimmer, eine Verbindung von Kieselsäure mit Thonerde, Eisenoxyd, Eisenoxydul, Magnesia, Kali und Natron. Er verwittert schwierig und liefert als Verwitterungsproduct einen gelben bis braunrothen, stets noch von Glimmerschüppchen durchzogenen Thon. — Von geringerer Bedeutung für die Bodenbildung sind die Mineralien Chlorit, ein Silicat von Thonerde, Magnesia und Eisenoxydul, und Talk, ein Magnesiasilicat. Ein anderes Magnesiasilicat, der Serpentin, verwittert so wenig, daß, wo er als felsenbildendes Gestein zu Tage tritt, dieses niemals von einer Vegetation bekleidet wird. Wichtiger ist die Hornblende, im Wesentlichen ein Doppelsilicat von Magnesia und Kalk. Sie verwittert um so leichter, je kalkreicher sie ist und liefert als Verwitterungsproduct einen braun bis rothbraun gefärbten, alkalifreien Lehm. Augit, Diabas und Hypersten verhalten sich der Hornblende sehr ähnlich.

Der Quarz, der sowohl im isolirten Zustande als auch in zahlreichen zusammengesetzten Gesteinen sehr verbreitet ist (man vergl. S. 21), ist der Verwitterung völlig unzugänglich. Indem er aber einer eigentlichen mechanischen Zertrümmerung unterliegt, spielt er als Gruß oder Sand eine hervorragende Rolle bei der Bodenbildung.

In größten Massen findet sich der in der Hauptsache aus kohlensaurem Kalk bestehende Kalk, und zwar sowohl für sich ganze Gebirgszüge bildend, wie auch als Bestandtheil anderer Gesteine (man vergl. S. 28). Als Gebirgsgestein enthält er noch Kieselsäure in Form von Sand, ferner Eisenoxyd, Magnesia, Kali, Natron, Phosphorsäure, mitunter auch organische Stoffe. Bei größerem Gehalt an Magnesia nennt man ihn dolomitischen Kalk; enthält er organische Beimengungen und zeigt in Folge davon eine graue oder schwärzliche Farbe, so wird er als bituminöser Kalkstein bezeichnet; bei einem bedeutenden Gehalt an Thon heißt er Mergel. Die Verwitterung der Kalkgesteine besteht nicht lediglich in einer mechanischen Zertrümmerung, sondern zum Theil auch in einer Auflösung ihres Kalkcarbonats durch kohlensäurehaltiges Wasser (vergl. S. 28). — Endlich müssen noch erwähnt werden der aus schwefelsaurem Kalk und

Wasser bestehende, in Wasser nicht unbedeutend lösliche Gyps, — der im Wesentlichen aus phosphorsaurem Kalk zusammengesetzte Apatit, der sich in kleinen Mengen in verschiedenen Gesteinen findet, und wenn er, was hier und da der Fall ist, in unreinerer und dichter Form in eigenen Lagern vorkommt, als Phosphorit bezeichnet wird —, das, abgesehen von seinem massenhaften Vorkommen in Steinsalzlagern und im Meerwasser, in geringen Mengen in den meisten Gesteinen vorhandene Steinsalz — und einige Eisenmineralien, nämlich Eisenspath (kohlensaures Eisenoxydul), Rotheisenstein (Eisenoxyd), Brauneisenstein (Eisenoxydhydrat), Raseneisenstein (Eisenoxydhydrat mit phosphorsaurem Eisenoxyd, Sand, Thon u. s. w.) und Schwefelkies (Schwefeleisen), die theils in eigenen Lagern, theils als Gemengtheile vieler Gebirgsgesteine vorkommen und von denen namentlich der sehr verbreitete und äußerst leicht oxydirbare Schwefelkies viel zur Verwitterung der Gesteine beiträgt, die ihn eingesprengt enthalten.

Zusammengesetzte, an der Bildung des Bodens betheiligte Gesteine.

Unter den zusammengesetzten Gesteinen, welche durch die Massenhaftigkeit ihres Vorkommens zur Bodenbildung beitragen, heben wir hervor:

Granit (Quarz, Feldspath und Glimmer), Syenit (Feldspath und Hornblende), Granulit (Feldspath und Quarz), Gneiß (Feldspath, Quarz und Glimmer), Trachyt (Feldspath, mitunter mit Hornblende und Glimmer), Glimmerschiefer (Glimmer und Quarz), Thonschiefer (Thon mit staubfeinem Quarz und Glimmerschüppchen), Grauwacke (Quarzkörner, Kiesel- und Thonschiefer, bisweilen auch Feldspath und Glimmer, vereinigt durch ein thonig-kieseliges Bindemittel), Diabasschiefer (Labrador, Augit und Chlorit), Basalt (ein scheinbar gleichartiges Gemenge von Labrador, Augit, Magneteisenstein, Kalk- und Eisenspath). — Die Producte vollständiger Verwitterung dieser Gesteine sind Thone oder Lehme, die natürlich je nach der mineralogischen Zusammensetzung jener mancherlei Verschiedenheiten zeigen. Durch bloße mechanische Zertrümmerung erzeugen

Sand.

sie den Sand, der zwar als vorwiegenden Bestandtheil Quarz, aber daneben vielfach auch Trümmer von Feldspath, Glimmer, Kalk und anderen Mineralien enthält. Reiner Quarzsand vermag nie eine Erdkrume zu bilden, wenn seiner Lagerstätte nicht vom Wasser andere Substanzen zugeführt werden können. Dagegen verlieren solche Sandablagerungen, die als Trümmer von

Feldspath, Hornblende, Augit, Basalt, Syenit und anderen quarzfreien Gesteinen aus thonerdehaltigen Kieselsäureverbindungen bestehen, bei fortschreitender Verwitterung ihren Sandcharacter immer mehr und verwandeln sich in eine thonige Krume. Von großer Bedeutung ist der Sand als Bodengemengtheil, indem er wegen seiner mangelnden Bindungskraft dem dichten Thon die nothwendige Lockerung ertheilt. — Wird der Sand durch irgend ein kieseliges, thoniges oder kalkiges Bindemittel vereinigt, so entsteht daraus der Sandstein, der als Gebirgsgestein bisweilen in massenhafter Ausdehnung auftritt. Dieser verwittert bei kalkigem Bindemittel ziemlich rasch, bei kieseligem dagegen sehr langsam.

Die Ursachen der Verwitterung der Gesteine sind die Einwirkungen des Wassers, der Luft, des Pflanzenlebens und der in Zersetzung begriffenen organischen Reste. *Ursachen der Gesteinsverwitterung.*

Das Wasser wirkt theils in rein mechanischer Weise, — sei es durch seinen Anprall, sei es durch die außerordentliche Sprengkraft, die es im Moment des Gefrierens in Folge seiner bedeutenden Volumvergrößerung ausübt —, theils durch sein Lösungsvermögen. Letzteres wird erheblich gesteigert durch den meistens vorhandenen Gehalt an Kohlensäure, an Sauerstoff oder an gewissen Salzen, die, wie z. B. Gyps, schwefelsaures Eisenoxydul, Kochsalz, Ammoniumsalze u. a., mit den Bestandtheilen der Gesteine in chemische Wechselwirkung treten können. Von großer Wirkung ist namentlich die Gegenwart der Kohlensäure, welche nicht nur die Auflösung, resp. Zersetzung der Carbonate des Kalks, der Magnesia, des Eisen- und Manganoxyduls, sondern auch die der phosphorsauren und kieselsauren Salze dieser Basen herbeiführt. *Einwirkung des Wassers;*

Die Einwirkung der Luft auf die Gesteine wird hauptsächlich durch zwei ihrer Bestandtheile bedingt, durch die Kohlensäure, deren Einfluß oben besprochen wurde, und den Sauerstoff. Indem letzterer die niederen Sauerstoffverbindungen des Eisens und Mangans in höhere überführt, erleiden diese zugleich eine Volumvergrößerung, welche die Bildung von Rissen und Sprüngen im Gestein zur Folge hat — und indem er ferner den so verbreiteten Eisenkies zu schwefelsaurem Eisenoxydul und freier Schwefelsäure oxydirt ($FeS^2 + 7O + HO = FeO,SO^3 + SO^3,HO$), giebt er zu den mannigfaltigsten weiteren chemischen Veränderungen Veranlassung. Im Bodenwasser gelöst vermögen diese Verbin- *der Luft;*

bungen unter anderen aus kohlensaurem Kalk Gyps, aus Dolomit (s. S. 30) schwefelsaure Magnesia, aus Kochsalz schwefelsaures Natron, aus Chlorit und Talk schwefelsaure Magnesia und freie Kieselsäure, aus Thon schwefelsaure Thonerde und Kieselsäure zu erzeugen.

des Pflanzenlebens; Nicht unbedeutend ist die Rolle, welche das Pflanzenleben bei der Gesteinsverwitterung spielt. Die niedrigsten Gewächse, wie Flechten und Moose, eröffnen den Angriff. Indem sie sich auf dem nackten Felsen ansiedeln, auf seine Kosten ihren Bedarf an Mineralstoffen, namentlich an Kalk, befriedigen und endlich absterben, legen sie den Grund zur ersten Bildung einer Schicht von lockerer Erde, die dann jede nachkommende Vegetation in progressivem Verhältniß vermehrt. Größere Gewächse vermögen außerdem durch ihre Wurzeln, die sich in die Felsenritzen eindrängen, geradezu als Felsensprenger zu wirken. Aber auch die abgestorbenen Pflanzen, überhaupt alle in Zersetzung begriffenen Organismenreste tragen zur Zerstörung bei, und zwar in erster Linie durch ihre Zersetzungsproducte, namentlich die Kohlensäure und das Ammoniak, dann aber auch dadurch, daß sie auf das Eisenoxyd eine reducirende Wirkung ausüben und, indem sie es unter Mithülfe von Kohlensäure in kohlensaures Eisenoxydul verwandeln, seine Löslichkeit in Wasser herbeiführen.

der in Zersetzung begriffenen Organismen.

Der Verwesungsproceß. Noch in anderer und zwar in viel wesentlicherer Weise, als in der eben besprochenen, ist die organische Welt an der Bildung des Bodens betheiligt. Es mengen sich nämlich die abgestorbenen und dem Verwesungsproceß anheimgefallenen Reste der Organismen selbst den Verwitterungsproducten der Gesteine bei. Indem sie in Form von Blättern, Wurzeln und sonstigen Pflanzentheilen, als Cadaver von Würmern und anderen unter der Erde Nahrung suchenden Thieren u. s. w. in den Boden gelangen und unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs in chemischen Zerfall gerathen, verlieren sie sehr bald ihre Form, nehmen eine dunklere Farbe an und verwandeln sich unter gleichzeitiger Bildung von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak (an dessen Stelle bei Gegenwart von Alkalien, Kalk oder Magnesia, oder den Carbonaten dieser Basen sich Salpetersäure erzeugt) in sogenannten Humus. Dieser ist ein in fortschreitender Veränderung begriffenes Gemenge von gewissen amorphen, mit sehr wenig characteristischen Eigenschaften begabten und unter

Humus.

dem Namen „Humusstoffe“ zusammengefaßten organischen Substanzen mit den Mineralbestandtheilen der Organismen.

Die Humusstoffe bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, zu denen bei einigen sich auch noch Stickstoff gesellt. Sie sind theils schwache Säuren, theils indifferent. Alle liefern als Endproducte des fortschreitenden Verwesungsprocesses Kohlensäure, Wasser und eventuell auch Ammoniak. Wie es scheint erzeugen sich von ihnen zuerst die braunen Ulminstoffe (Ulmin und Ulminsäure), die sich dann weiter in die schwarzen Huminstoffe (Humin und Huminsäure) verwandeln, welche letztere unter gewissen Verhältnissen endlich in die braune Quellsatzsäure und die farblose Quellsäure übergehen können. Von diesen Verbindungen sind Ulmin und Humin sowohl in Wasser als in alkalischen Flüssigkeiten völlig unlöslich, während Ulminsäure und Huminsäure sich zwar nicht in reinem, aber in Alkalien oder Ammoniak enthaltendem Wasser lösen und die Quellsatzsäure und Quellsäure schon von reinem Wasser aufgenommen werden. Humusstoffe.

Wo bei ungehindertem Luftzutritt die Zersetzung der Humusstoffe ungestört fortschreiten kann, wie dies in jedem fruchtbaren Ackerboden der Fall ist, können sich niemals bedeutende Humus-Ablagerungen bilden, während man in großen Wäldern, in Sümpfen und Morästen oft viele Fuß mächtige Humusschichten antrifft. Die große Bedeutung des Humus für den Boden beruht zunächst darauf, daß er eine unausgesetzt thätige Quelle zur Erzeugung von Kohlensäure und Ammoniak ist, diesen so unentbehrlichen Stoffen für die Ernährung der Pflanzen, der auch noch seine Mineralbestandtheile dienen. Dann aber besitzt er auch die Eigenschaft, nicht nur tropfbar flüssiges Wasser lange zurückzuhalten, sondern auch Wasserdampf und Ammoniak aus der Luft zu absorbiren, was nicht ohne Einfluß auf die Ertragsfähigkeit des Bodens ist, dem er außerdem als Auflockerungsmittel nützt und dessen Temperatur er als ein in steter langsamer Verbrennung begriffener Körper erhöht. Bedeutung des Humus für den Boden.

Auf die chemische Zusammensetzung des Bodens läßt sich schon aus dem, was über seine Bildung mitgetheilt wurde, ein Schluß ziehen. Die weitaus überwiegenden Bestandtheile sind kieselsaure Thonerde (Thon), freie Kieselsäure und Kalkcarbonat, natürlich in sehr wechselnden Verhältnissen. Der Kalk kommt außerdem, aber in viel geringerer Menge, in Chemische Bestandtheile des Bodens.

Verbindung mit Schwefelsäure und Phosphorsäure vor. Magnesia, die stete Begleiterin des Kalks, findet sich wie dieser fast immer als Carbonat, tritt aber hinsichtlich der Quantität sehr zurück. Kali und Natron sind meistens mit Kohlensäure, aber auch mit Kieselsäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure vereinigt, Natrium häufig auch mit Chlor. Gewöhnlich ist der Gehalt des Bodens an Alkalien nur ein geringer; steigt er in selteneren Fällen auf 3—4%, so ist der größte Theil als unlösliches Silicat vorhanden. Viel unbedeutender und im Maximum nur $^1/_{1000}$ Procent betragend ist die Menge des Ammoniaks, das an Kohlensäure, Salpetersäure oder auch an Humussäuren gebunden zu sein pflegt und stets in löslicher Form vorhanden ist. Der Eisenoxydgehalt im Boden schwankt in der Regel zwischen $^1/_2$ und 5 %; beträgt er mehr, so nennt man den Boden eisenschüssig oder ockerig. Eisenoxydulverbindungen pflegen nur im Untergrund oder an solchen Orten vorhanden zu sein, wo der Luftzutritt durch stehendes Wasser gehindert ist. Da sie der Vegetation schädlich sind, so sucht man durch Entwässerung oder Auflockerung des Bodens, durch Zufuhr von Aetzkalk u. s. w. ihre Verwandlung in Eisenoxyd zu befördern. Das Mangan kommt in ähnlicher Weise wie das Eisen vor und ist nur von geringer Bedeutung. Unter den Säuren des Bodens ist die Phosphorsäure eine der werthvollsten. Sie beträgt selten mehr als $^1/_{10}$ Procent, gewöhnlich erheblich weniger, und findet sich in Form von Kalk-, Magnesia-, Eisenoxyd- und Thonerdesalzen, die zwar sämmtlich in reinem Wasser unlöslich sind, aber von kohlensäurehaltigem Wasser mit Ausnahme des Thonerdesalzes gelöst werden. Auch die Menge der Schwefelsäure pflegt nicht über einige Zehntel % zu betragen und nur bei Gypsböden bis auf einige ganze Procente hinaufzugehen. Das Vorkommen der Kohlensäure ergiebt sich zur Genüge aus dem Früheren. Salpetersäure kommt an Kali, Natron, Ammoniak oder Kalk gebunden im fruchtbaren Boden vor, jedoch nur in sehr kleinen und höchstens einige Hundertstel Procent betragender Menge. Nicht größer ist die Menge des Chlors im Boden, das meistens mit Natrium, seltener mit Kalium oder Magnesium verbunden vorkommt. Von den Humusstoffen war bereits oben die Rede. Das Wasser endlich findet sich im Boden, von seinem Vorkommen in chemisch gebundenem Zustande abgesehen, in flüssiger Form und als aus der Luft absorbirter Wasserdampf. Das flüssige Bodenwasser

enthält stets einen Theil der löslichen Bodenbestandtheile in Lösung, jedoch in Folge des auf S. 34 erwähnten eigenthümlichen Absorbirungsvermögens der Feinerde (des Thons) in viel geringerer Menge, als seinem Lösungsvermögen entspricht. Mit besonderer Vorliebe werden die Basen Kali, Natron, Ammoniumoxyd und Magnesia und von den Säuren die Phosphorsäure durch die Feinerde zurückgehalten, also gerade diejenigen Stoffe, die, wie gleich erwähnt werden wird, besonders wichtig für die Pflanzenernährung sind und bei der geringen Quantität, in welcher sie vorhanden sind, sonst leicht durch das abfließende Wasser vollständig entführt werden könnten.

Absorptionsvermögen der Feinerde.

Die Ernährung der Pflanze. — Es wurde schon erwähnt, daß die Pflanze, wenigstens die bewurzelte und höher organisirte, in der Natur den Zweck erfüllt, die unorganische Materie zu organisiren. Alle Untersuchungen über diesen Gegenstand (Analysen von Pflanzenaschen, Culturversuche in wässrigen Salzlösungen und künstlichen Böden) haben ergeben, daß es nur eine sehr beschränkte Anzahl einfacher unorganischer Verbindungen ist, mit deren Hülfe der pflanzliche Organismus die ganze Mannigfaltigkeit seiner organischen Bestandtheile hervorbringt. Die Bedürfnisse der Landpflanze werden durch kaum ein Dutzend Stoffe vollständig gedeckt, nämlich durch die Säuren Kohlensäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Kieselsäure und Salpetersäure, für welche letztere auch Ammoniumsalze eintreten können, durch die Basen Kali, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd, durch das Wasser und das an irgend ein Leichtmetall gebundene Chlor. Außerdem scheint auch noch freier Sauerstoff für das Gedeihen der Pflanzenwelt unentbehrlich zu sein. Daß und wie alle diese Stoffe in der Luft und im Boden vorhanden sind, wurde im Vorhergehenden gezeigt. Außer dem Sauerstoff scheint nur die Kohlensäure, und zwar auch diese nur theilweise, aus der Luft durch die Blätter aufgenommen zu werden; alle übrigen werden mittelst der Wurzeln dem Boden entzogen. Einige dieser Pflanzennährstoffe sind in solcher Menge vorhanden, daß daran niemals oder doch nur in ausnahmsweisen Fällen Mangel eintreten wird, an andern dagegen kann und muß der Boden verarmen, wenn mit ihrem Verbrauche nicht eine entsprechende Zufuhr Schritt hält. Dieser Verarmung soll die Düngung des Bodens entgegentreten. Es sind namentlich drei Stoffe, an denen der Boden sich leicht erschöpft, nämlich

Nährstoffe der Pflanze.

Bodendüngung.

Kali, Phosphorsäure und Salpetersäure. Da für alle drei die Excremente*) der Menschen und Thiere reichlichen Ersatz liefern, so erklärt es sich, daß bei einer Düngung mit diesen der Boden auch bei der intensivsten Cultur keine Einbuße an Fruchtbarkeit zu erleiden pflegt. Wo es an natürlichem Dünger fehlt, da kann mit gleichem Erfolge Mineraldüngung angewandt werden, vorausgesetzt daß dabei mit richtiger Auswahl verfahren wird. Bei Mangel an Kali wird Holzasche mit ihrem bedeutenden Gehalt an kohlensaurem Kali, bei fehlender Phosphorsäure phosphorsaurer Kalk (Knochen oder Phosphorit) das geeignetste mineralische Ersatzmittel sein. Kommt es auf raschen Ersatz der Phosphorsäure an, so wendet man das Kalksalz in der Form des löslichen Superphosphats an (vergl. S. 29). Salpetersäure ist am billigsten in der Form von salpetersaurem Natron (Chilisalpeter) zu beschaffen. Da dieselbe übrigens lediglich den Stickstoffbedarf der Pflanzen zu befriedigen hat und ihr in dieser Beziehung das Ammoniak völlig gleichwerthig ist, so ist sie auch durch jedes Ammoniak enthaltende (Guano) oder erzeugende Material zu ersetzen.

Umwandlung der Nährstoffe im pflanzlichen Organismus.

Ueber die Art und Weise, wie die durch Blätter und Wurzeln aufgenommenen unorganischen Nährstoffe von der Pflanze verändert und in Pflanzensubstanz umgewandelt werden, fehlt uns jede nähere Kenntniß. Es läßt sich darüber bis jetzt mit Sicherheit wenig mehr sagen, als daß für die organischen Bestandtheile der Pflanze die Kohlensäure den Kohlenstoff, das Wasser den Wasserstoff und wahrscheinlich beide Verbindungen den Sauerstoff, ferner die Salpetersäure und das Ammoniak den Stickstoff und die Schwefelsäure den Schwefel hergeben müssen. Alle übrigen Nährstoffe nehmen nur indirecten Antheil an der organisirenden Thätigkeit der Pflanze und treten mit ihrem unorganischen Character in die Zusammensetzung des pflanzlichen Organismus

*) Im Mittel enthalten 100 Centner menschliche feste Excremente 25 Pfd. Kali, 100 Pfd. Phosphorsäure und 100 Pfd. in Salpetersäure oder Ammoniak überführbaren Stickstoff; 100 Centner menschlicher Harn enthalten durchschnittlich 20 Pfd. Kali, 17 Pfd. Phosphorsäure und 100 Pfd. Stickstoff; bei der durch längere Berührung der Harnflüssigkeit mit den Darmexcrementen des Viehs entstehenden Jauche (Gülle) finden sich in 100 Centnern etwa 50 Pfd. Kali, nur 1 Pfd. Phosphorsäure und 40 Pfd. Stickstoff; 100 Centner Stallmist endlich mögen 30—70 Pfund Kali, 15—35 Pfd. Phosphorsäure und 40 bis 60 Pfd. Stickstoff enthalten.

ein: sie bilden die beim Verbrennen der Pflanzen zurückbleibende Asche.

IV. Die chemische Zusammensetzung des Pflanzen- und Thierkörpers im Allgemeinen und seine organischen Bestandtheile im Besonderen.

Die Bestandtheile der Organismen im Allgemeinen.

Wenn man pflanzliche oder thierische Organe anhaltend einer Temperatur von 100° aussetzt, so erleiden sie eine bedeutende Gewichtsabnahme, die in der Verflüchtigung von Wasser, des der Menge nach weitaus überwiegenden Bestandtheils aller Organismen, ihren Grund hat. Wird der wasserfreie Rückstand, die Trockensubstanz, darauf bei Luftzutritt dem Feuer ausgesetzt, so verbrennt der größte Theil unter Entwicklung von Kohlensäure, Wasserstoff, eventuell auch Stickstoff. Dieser brennbare Theil wird von den organischen Bestandtheilen des pflanzlichen und thierischen Körpers gebildet. Der nun gebliebene unverbrennliche, in der Regel nicht sehr beträchtliche Rest, die Asche, enthält die mineralischen Stoffe, die in keinem Organismus fehlen.

Wassergehalt der Pflanze.

Das Wasser ist bei der Pflanze am reichlichsten im Zellsaft vertreten, der nichts anderes als eine wässrige Auflösung von organischen und mineralischen Stoffen ist, findet sich aber auch in allen Membranen und Zelleneinschlüssen. Das Holz frisch gefällter Baumstämme enthält je nach der Species 19—52 % Wasser. Bei Blättern, ganz jungen Zweigen und Stengeln beträgt der Wassergehalt sogar 70—90 % vom Gesammtgewicht. Auch saftige Früchte, Knollen und Zwiebeln pflegen 75—90 % Wasser zu enthalten, Samen und trockne Früchte dageger nur 10 bis 16 Procent.

Wassergehalt des menschlichen und thierischen Körpers.

Die thierischen Flüssigkeiten sind gleichfalls wässrige Lösungen und alle thierischen Gewebe, selbst das Skelett, wasserhaltig. Nach den hierüber ausgeführten Bestimmungen enthält der Körper eines erwachsenen Menschen von 120 Pfund Lebendgewicht etwa 90 Pfund Wasser, und der Körper der Säugethiere und Vögel wird von diesem Verhältniß wenig abweichen.

Mineral-bestandtheile der Pflanze.

Die Mineralstoffe der Pflanze finden sich, mit Ausnahme der Salpetersäure und gewisser Mengen von Schwefelsäure, Phosphorsäure und Chlormetallen, die dabei theils zerlegt, theils verflüchtigt werden, sämmtlich in der beim Verbrennen zurückbleibenden Asche wieder. Die Aschen verschiedener Pflanzen sowohl als auch verschiedener Organe derselben Pflanze zeigen große Verschiedenheiten, und zwar nicht nur bezüglich ihrer Menge, sondern auch rücksichtlich ihrer Zusammensetzung. Besonders reich an Aschenbestandtheilen sind die Samen, verhältnißmäßig arm die stark verholzten Organe. Der mittlere Aschengehalt aller pflanzlichen Materien im frischen Zustande mag etwa 5 Procent betragen. Fast alle Pflanzenaschen enthalten Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Manganoxyduloxyd, Kohlensäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Chlor, zu denen in einzelnen Fällen noch Thonerde, und bei den Seepflanzen Jod und Brom kommen.

Mineral-bestandtheile des menschlichen und thierischen Körpers.

Der Körper der Menschen und Thiere, bei letzteren wenigstens der mit einem Knochengerüst versehene, ist reicher an Mineralstoffen als der pflanzliche. Das im frischen Zustande etwa 20 Pfund, im trocknen gegen 13 Pfund wiegende Skelett eines Menschen von 120 Pfund Lebendgewicht enthält allein ungefähr 7 Pfund Mineralbestandtheile, wozu noch 1 Pfund aus den übrigen Geweben und Flüssigkeiten kommen mag. Die Asche der Knochen von Menschen, Ochsen und Schafen enthält etwa 9 bis 10 % kohlensauren Kalk, 83—86 % phosphorsauren Kalk, 1,75 bis 3 % phosphorsaure Magnesia und 4 % Fluorcalcium. Außer diesen Stoffen finden sich noch Chlornatrium, Chlorkalium, phosphorsaure und schwefelsaure Alkalien und Eisen in noch nicht genauer bekannter Verbindungsform unter den mineralischen Stoffen des menschlichen und thierischen Körpers.

Die organischen Verbindungen in den Organismen.

Die organischen Verbindungen, die wesentlichsten und characteristischsten Bestandtheile der Organismen, sind nur aus wenigen Elementen gebildet. Es sind dies in ersten Linie die vier Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, zu denen sich bisweilen noch Schwefel (nicht Phosphor!) und Eisen gesellen. In keiner dieser Verbindungen fehlt das Element Kohlenstoff (man vergl. S. 6). Die meisten bestehen aus 3 Elementen, wenigere aus 4, sehr wenige aus 5. Ihre Zusammensetzung ist im Allgemeinen eine viel verwickeltere als die der unorganischen Verbindungen, d. h. es pflegen bei

Ihre Zusammensetzung.

ihnen eine viel größere Anzahl elementarer Aequivalente zu einem Aequivalent der Verbindung vereinigt zu sein. Eine Folge davon ist ihre viel größere Unbeständigkeit gegenüber zersetzenden Einflüssen. Alle ohne Ausnahme sind brennbar und zerfallen in höherer Temperatur auch bei Abschluß der Luft (bei der sogen. trocknen Destillation) in einfachere Verbindungen, unter denen sich verschiedene brennbare Gasarten (Leuchtgas) befinden, meistens unter gleichzeitiger Abscheidung von Kohle (sie verkohlen). Indem wir im Folgenden die wichtigsten organischen Verbindungen des Pflanzen- und Thierkörpers einer kurzen Besprechung unterziehen, ordnen wir sie zur Erleichterung der Uebersicht auf Grund gewisser Ähnlichkeiten, die bezüglich ihres chemischen Verhaltens oder ihrer äußeren Eigenschaften hervortreten, in eine Anzahl von Gruppen. Ihr Verhalten in der Wärme.

1. Die Säuren des Pflanzen- und Thierkörpers.

Die Säuren der Organismen gleichen in ihrem Verhalten durchaus den unorganischen Säuren. Sie finden sich bisweilen im freien Zustande, häufiger in Form von Salzen. Besonders zahlreich, ja nach Hunderten zählend, sind die Säuren des Pflanzenreichs. Viele derselben sind für gewisse Gattungen oder gar Arten von Pflanzen geradezu characteristisch, indem sie nur in ihnen und in keiner anderen Pflanze angetroffen werden; anderen kommt dagegen die ausgedehnteste Verbreitung zu. Zu letzteren gehören die Aepfelsäure, Weinsäure, Citronensäure, Oxalsäure und die sogenannten Fettsäuren. Pflanzensäuren.

Die Aepfelsäure, $C^8H^4O^8,2HO$, kommt besonders reichlich in den Früchten vor, vorzugsweise in den unreifen und sauren, und zwar theils frei, theils als saures Kali- oder Kalksalz. Sie krystallisirt nur schwierig in blumenkohlartig gruppirten sehr zerfließlichen Nadeln, schmeckt sehr sauer und löst sich leicht in Wasser und Weingeist. Aepfelsäure.

Die Weinsäure, $C^8H^4O^{10},2HO$, findet sich ähnlich wie die Aepfelsäure, am reichlichsten im Traubensaft. Ihr saures Kalisalz, der bekannte Weinstein, scheidet sich aus lagerndem Wein in Krusten ab. Sie krystallisirt in großen farblosen Säulen, die stark sauer schmecken und sich leicht in Wasser und Weingeist lösen. Weinsäure.

Die Citronensäure, $C^{12}H^{15}O^{11},3HO$, kommt frei im Saft der Citronen und anderer säuerlichen Früchte, an Basen Citronensäure.

gebunden auch in Wurzeln und anderen Pflanzentheilen vor. Sie bildet große wasserhelle Krystalle, welche 2 Aeq. Krystallwasser enthalten, schmeckt stark sauer und löst sich leicht in Wasser, auch in Weingeist.

Oxalsäure. Die Oxalsäure, $C^4O^6,2HO$, findet sich als saures Kalisalz in mehreren Oxalis- und Rumex-Arten, als Natronsalz in einigen Strandpflanzen, endlich als Kalksalz vielleicht in den meisten Pflanzen, namentlich in den Wurzeln und Rinden. Manche Flechten bestehen oft zur Hälfte ihres Gewichts aus oxalsaurem Kalk. Die Säure krystallisirt in farblosen Säulen mit 4 Aeq. Krystallwasser, schmeckt sehr stark sauer, löst sich leicht in Wasser und wirkt giftig.

Fettsäuren. Die Fettsäuren haben ihren Namen von ihrem Vorkommen in den Fetten (siehe diese). Ihre Zahl ist eine beträchtliche. Wir erwähnen nur die Buttersäure, $C^8H^7O^3,HO$, eine farblose, bei 157° siedende, mit Wasser in allen Verhältnissen mischbare Flüssigkeit; die Oelsäure, $C^{36}H^{33}O^3,HO$, eine farblose ölige, nicht unzersetzt flüchtige, in Wasser unlösliche Flüssigkeit; die Palmitinsäure, $C^{32}H^{31}O^3,HO$, in weißen büschlig vereinigten Nadeln krystallisirend und die Stearinsäure, $C^{36}H^{35}O^3,HO$, welche silberglänzende Nadeln oder Schuppen bildet.

Säuren des Thierkörpers. Der thierische Organismus enthält zunächst in seinen Fetten die nämlichen Säuren, welche in den Pflanzenfetten vorkommen. Milchsäure. Dann findet sich Milchsäure, $C^6H^4O^4,2HO$, eine farblose, stark saure, nicht flüchtige, mit Wasser mischbare Flüssigkeit, theils frei, theils in Form von Salzen im Magensaft, im Darminhalt, in der Fleischflüssigkeit und noch in einigen anderen Säften. Ferner kommen einige stickstoffhaltige Säuren im Harn vor, Harnsäure. nämlich die Harnsäure, $C^{10}H^2N^4O^4,2HO$, ein in weißen leichten, mikroskopisch kleinen Schuppen und Nadeln krystallisirender, geschmack- und geruchloser, in Wasser nur sehr wenig löslicher Körper, im Harn der Menschen und fleischfressenden Säugethiere, auch in den Excrementen der Vögel, Schlangen, Käfer, Raupen und anderer Thiere —, Hippursäure. und die Hippursäure, $C^{18}H^8NO^5,HO$, welche in großen geruchlosen, schwach bitter schmeckenden Prismen krystallisirt und sich in kaltem Wasser auch nur schwierig löst, im Harn aller pflanzenfressenden Säugethiere. Endlich finden sich noch einige stickstoff- und zum Theil auch schwefelhaltige Säuren in der Galle.

2. Die Basen des Pflanzen- und Thierkörpers.

Die hierher gehörigen Verbindungen sind sämmtlich stickstoffhaltig und in ihrem Verhalten dem Ammoniak vergleichbar. — Die Pflanzenbasen führen auch die Bezeichnung „Alkaloide" und zählen vielfach wegen ihrer fast durchgehend sehr bedeutenden Wirkung auf den menschlichen und thierischen Körper nicht nur zu den heftigsten Giften, sondern auch zu den heilkräftigsten Arzneimitteln. Sie finden sich nur in den wenigsten Pflanzen, und es sind besonders einige Pflanzenfamilien, namentlich die Familien der Papaveraceen, Solaneen, Cinchonaceen und einige andere, die durch das Vorkommen dieser Körper ausgezeichnet sind. Die meisten Pflanzenbasen sind fest und dann fast immer krystallisirbar, einige wenige flüssig. Die festen sind in der Regel farblos, durchweg geruchlos und von bitterem Geschmack. Die flüssigen sind wasserhell, flüchtig und von starkem Geruch. Fast alle sind in Wasser beinahe unlöslich, dagegen leicht löslich in Weingeist und Aether. Viele reagiren stark alkalisch, andere wenig oder gar nicht. Mit den Säuren vereinigen sie sich zu Salzen, von denen viele krystallisirbar und in Wasser löslich sind. Wir erwähnen von flüssigen Pflanzenbasen das Coniin, $C^{16}H^{15}N$, im Schierling und das Nicotin, $C^{20}H^{14}N^{2}$, im Taback; von den festen verdienen hervorgehoben zu werden: das Chinin, $C^{40}H^{24}N^{2}O^{4}$ und das Cinchonin, $C^{40}H^{24}N^{2}O^{2}$, in der Chinarinde; das Morphin, $C^{34}H^{19}NO^{6}$, im Opium; das Strychnin, $C^{42}H^{22}N^{2}O^{4}$ und das Brucin, $C^{46}H^{26}N^{2}O^{8}$, in den Brechnüssen und im Upasgift; das Atropin, $C^{34}H^{23}NO^{6}$, in der Tollkirsche und dem Stechapfel; das Caffein oder Thein, $C^{16}H^{10}N^{4}O^{4}$, in den Kaffeebohnen, im chinesischen Thee, im Paraguay-Thee und in der Guarana; das Theobromin, $C^{14}H^{8}N^{4}O^{4}$, in den Cacaobohnen.

Pflanzenbasen.

Bei den entsprechenden Verbindungen des thierischen Organismus ist der basische Character viel weniger ausgeprägt. Es gehören hierher zwei in der Fleischflüssigkeit enthaltene und auch im Harn der Menschen und Säugethiere vorkommende krystallisirbare Basen, das Kreatin, $C^{8}H^{9}N^{3}O^{4}$, und das Kreatinin, $C^{8}H^{7}N^{3}O^{2}$, ferner der vorwiegendste unter den festen organischen Bestandtheilen des Harns, das hauptsächlichste Product der durch den Lebensproceß verbrauchten und dabei oxydirten animalischen Gewebe, der in weißen glänzenden geruchlosen, salpeterähnlich

Basische Substanzen des Thierkörpers.

schmeckenden, in Wasser leicht löslichen Prismen krystallisirende Harnstoff, $C^2H^4N^2O^2$, und einige andere.

3. Die Fette und Wachsarten.

Die Fette. Den Fetten kommt eine große Verbreitung in den Organismen zu. Sie finden sich bei den Pflanzen vorwiegend in den Samen, bei den Menschen und Thieren hauptsächlich im Zellgewebe. Sie sind stets Gemenge mehrerer neutraler Verbindungen, die man wohl als Salze der oben besprochenen Fettsäuren mit der dreisäurigen stickstofffreien organischen Base Glyceryloxyd ($C^6H^5O^3$) betrachten kann; denn alle Fette werden beim Erwärmen mit Alkalien bei Gegenwart von Wasser unter Bildung von fettsauren Salzen dieser letzteren (Seifen) und Ausscheidung von Glycerin, $C^6H^8O^6$, das sich wie das Hydrat des Glyceryloxyds verhält, zerlegt. Man pflegt die sie zusammensetzenden Verbindungen daher auch als Glyceride zu bezeichnen.

Zusammensetzung der Fette.

Die am häufigsten und in größter Menge in den Fetten vorkommenden Glyceride sind das flüssige Olsäureglycerid oder das Olein, $C^6H^5O^3, 3C^{36}H^{33}O^3$, und die festen Verbindungen Palmitin, $C^6H^5O^3, 3C^{32}H^{31}O^3$, und Stearin, $C^6H^5O^3, 3C^{36}H^{35}O^3$. Ersteres ist der vorwiegende Bestandtheil der flüssigen Fette (Oele), letztere beiden machen die Hauptmenge der festen Fette (Talge) aus.

Eigenschaften der Fette. Die festen Fette schmelzen sämmtlich schon unter 100°. Alle Fette machen die Haut schlüpfrig und Papier und Gewebe durchscheinend. Im frischen Zustande sind sie farb-, geruch- und geschmacklos und reagiren neutral, aber an der Luft nehmen sie bald, namentlich wenn sie mit Eiweiß, Schleim und anderen fremdartigen Materien verunreinigt sind und Wasser enthalten, durch theilweises Freiwerden ihrer Säuren und Oxydation derselben saure Reaction, gelbliche Färbung und üblen Geruch und Geschmack an: sie werden ranzig. Alle sind leichter als Wasser und darin völlig unlöslich, aber löslich in Weingeist und leicht löslich in Aether. Sie beginnen bei etwa 300° unter Zersetzung zu sieden und liefern dabei übel riechende Zersetzungsproducte.

Pflanzenfette. Unter den vegetabilischen Fetten sind als feste zu erwähnen: Cacao-, Muscat- und Cocosnußbutter, Lorbeeröl und Palmöl. Die vegetabilischen Oele, welche in den Samenzellen einiger Pflanzen oft bis zu 50 % vorkommen und im Zellsaft die Stelle des Stärkmehls zu vertreten

scheinen, werden in nicht trocknende und trocknende eingetheilt. Letztere, die Minderzahl, trocknen in dünnen Lagen an der Luft zu einer festen harzartigen Masse ein. Es gehören dahin: Lein-, Hanf-, Mohn-, Nuß- und Ricinusöl. Unter den nicht trocknenden Oelen sind die bekanntesten: Baum- oder Olivenöl, Mandelöl, Raps- oder Rüböl.

Thierfette.

Die bekannten festen Thierfette bedürfen keiner Erwähnung; als flüssige sind zu nennen: Fischthran, Klauenfett, Eieröl.

Die Wachsarten.

Die Wachsarten besitzen ähnliche chemische Constitution wie die Fette, nur enthalten sie an Stelle des Glyceryloxyds andere einsäurige stickstofffreie organische Basen. Auch in ihren Eigenschaften gleichen sie den Fetten. Sie zeigen ähnliche Löslichkeitsverhältnisse, schmelzen leicht zu einer ölartigen, Papier durchsichtig machenden Flüssigkeit und brennen angezündet mit leuchtender Flamme.

4. Die ätherischen Oele.

Als ätherische Oele bezeichnet man eine Anzahl flüchtiger, meistens dünnflüssiger, eigenthümlich durchdringend riechender, auf Papier und Zeugen vorübergehend Fettflecke erzeugender Körper, die ausschließlich dem Pflanzenreich angehören und in weitaus den meisten Fällen bereits fertig gebildet in den Pflanzen, deren Geruch sie bedingen, vorkommen.

Vorkommen.

Besonders ausgezeichnet durch ihren Reichthum an ätherischen Oelen sind die Pflanzenfamilien der Labiaten, Umbelliferen, Cruciferen und Coniferen. Man trifft sie besonders in den Blättern, Samen und Blüthen, seltener in Stengeln und Wurzeln. Sie finden sich darin theils aufgelöst im Saft der gewöhnlichen Zellen, theils ganze Zellen und Gefässe vollkommen erfüllend.

Gewinnung.

Nur selten lassen sie sich nach Art der fetten Oele durch bloßes Auspressen der Pflanzentheile gewinnen. Meistens muß man zu ihrer Darstellung das pflanzliche Material einer Destillation mit Wasser unterwerfen, wobei sie sich mit den Wasserdämpfen verflüchtigen und dann entweder auf oder unter dem wässrigen Destillat als besondere Schicht abscheiden.

Eigenschaften.

Im frischen Zustande sind fast alle ätherischen Oele farblos, meistens färben sie sich aber an der Luft durch Sauerstoffaufnahme und werden dabei dickflüssiger (sie verharzen). Sie sind sämmtlich unzersetzt destillirbar und sieden meistens zwischen 150 und

160°; alle verflüchtigen sich aber auch schon bei gewöhnlicher Temperatur sehr lebhaft. Die Mehrzahl ist leichter, nur wenige sind schwerer als Wasser. Manche scheiden bei niedriger Temperatur feste krystallinische Gemengtheile aus, die man Stearoptene nennt im Gegensatz zu den flüssig bleibenden, die Elaeoptene genannt werden.

Bezüglich ihrer Elementarzusammensetzung unterscheidet man sauerstofffreie, sauerstoffhaltige und schwefelhaltige Oele. Zu den sauerstofffreien Oelen, die fast ohne Ausnahme der Formel $C^{20}H^{16}$ entsprechen, gehören u. a.: Terpentinöl, Citronenöl, Bergamottöl, Lavendelöl, Wachholderöl, Petersilienöl.

Sauerstofffreie Oele.

Sauerstoffhaltige Oele.

Unter den sauerstoffhaltigen Oelen, die in der Regel Gemenge von sauerstoffhaltigen Verbindungen mit Kohlenwasserstoffen von der Formel $C^{20}H^{16}$ sind, verdienen Erwähnung: Das Bittermandelöl, eines der wenigen Oele, die nicht fertig gebildet in der Pflanze existiren, sondern erst durch Zersetzung anderer Producte desselben entstehen (hier des Amygdalins), ferner Zimmtöl, Nelkenöl, Rautenöl, Anisöl, Pfeffermünzöl, Kümmelöl.

Schwefelhaltige Oele.

Die schwefelhaltigen ätherischen Oele finden sich ganz besonders in der Familie der Cruciferen. Zu den bekanntesten gehört das Senföl, $C^8H^5NS^2$, welches sich beim Zusammentreffen von zerstoßenem schwarzen Senfsamen mit Wasser aus einer in jenem enthaltenen eigenthümlichen Säure bildet.

Campherarten.

Den ätherischen Oelen sehr verwandt sind die Campherarten, zu denen vor allen der gewöhnliche Campher oder Japancampher, $C^{20}H^{16}O^2$, gehört.

5. Die Harze.

Vorkommen.

Die Harze, ausschließlich Producte des Pflanzenlebens, sind in vielen Fällen ohne Zweifel durch Oxydation aus ätherischen Oelen hervorgegangen, von denen sie auch in der Natur gewöhnlich begleitet sind. Sie sind im Pflanzenreiche sehr verbreitet, und unter den einheimischen Pflanzenfamilien ist besonders die Familie der Coniferen durch ihren Harzreichthum ausgezeichnet. Manche von ihnen fließen, aufgelöst in ätherischem Oel, freiwillig aus den Bäumen aus und verdicken sich durch Verflüchtigung und Oxydation des letzteren von selbst. Andere gewinnt man, indem man die Bäume mit Einschnitten versieht, und einige lassen

Gewinnung.

sich nur durch Auskochen der zerkleinerten Pflanzentheile mit Weingeist und Ausfällen des gelösten Harzes mit Wasser erhalten.

Die Harze sind bei gewöhnlicher Temperatur fest und dann amorph, oder halbflüssig, farblos oder gefärbt, durchscheinend bis undurchsichtig, geruchlos oder riechend nach beigemengtem ätherischem Oel. Sie schmelzen leicht, werden bei stärkerem Erhitzen zersetzt, sind leicht entzündbar und brennen mit stark leuchtender rußender Flamme. In Wasser sind sie unlöslich, werden aber meistens von Weingeist, Aether und ätherischen Oelen gelöst. — Sie bestehen aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und sind im Allgemeinen kohlenstoffreich und sauerstoffarm. Uebrigens ist kein natürlich vorkommendes Harz eine einfache chemische Verbindung, sondern stets ein Gemenge von mehreren. Eigenschaften.

Man pflegt die Harze in Weichharze, Hartharze und Schleimharze einzutheilen. — Die Weichharze sind knetbare bis dickflüssige Gemenge von Hartharzen und ätherischen Oelen. Das bekannteste ist der aus Einschnitten in die Rinde der Fichten, Tannen und Lerchen ausfließende Terpentin. — Die Hartharze sind feste harte pulverisirbare, wenig oder gar kein ätherisches Oel mehr enthaltende Massen. Zu den bekannteren gehören: das aus dem Terpentin gewonnene Colophonium, Copal, Mastix, Dammar, Sandarak, Olibanum, Gummilack (Schellack), Benzoe. — Die Schleimharze oder Gummiharze sind Gemenge von Hartharzen, ätherischen Oelen und Pflanzenschleim oder Gummi, welche letztere Bestandtheile durch Wasser ausgezogen werden können und beim Auflösen in Weingeist zurückbleiben. Wir erwähnen: Gummigutt, Myrrhe, Euphorbium, Asa foetida. Auch gehört das bekannte Kirschgummi, der harzige Ausfluß der Kirschbäume, hierher. Weichharze. Hartharze. Schleimharze.

Den Schleimharzen schließen sich als verwandte Substanzen das Kautschuk und die Guttapercha an, beides Bestandtheile des Milchsafts verschiedener tropischer Bäume.

6. Die Kohlehydrate.

Die Verbindungen dieser wichtigen Gruppe werden deßhalb, und zwar nicht gerade sehr passend, als „Kohlehydrate" bezeichnet, weil die in ihnen außer Kohlenstoff enthaltenen Elemente

Wasserstoff und Sauerstoff stets in dem nämlichen Verhältniß vorhanden sind, wie im Wasser, d. h. zu gleichen Aequivalenten. Sie finden sich meistens im pflanzlichen Organismus, zu dessen weitaus wichtigsten Bestandtheilen sie gehören; einige kommen jedoch auch im Thierreich vor.

Vorkommen. **Cellulose.** Pflanzenfaser. $C^{12}H^{10}O^{10}$. — Diese Verbindung bildet die Zellen- und Gefäßwände sämmtlicher Pflanzen. Ob sie auch Bestandtheil einzelner Organe niederer Thierklassen ist, muß noch als zweifelhaft angesehen werden. Sie kommt niemals völlig rein vor, sondern stets, bald mehr bald weniger, von anderen Substanzen, wie Farbstoffen, Harzen, Fetten, Schleim, Gummi, Stärke, Zucker, Eiweißstoffen und organischen wie unorganischen Salzen, durchdrungen oder überlagert, die zum Zweck ihrer Reindarstellung erst durch Behandlung mit den verschiedensten Lösungsmitteln, mit Wasser, Weingeist, Aether, sauren und alkalischen Flüssigkeiten, fortgenommen werden müssen.

Eigenschaften. Die reine Celluose ist ein weißer, stets organisirter, d. h. in Form von pflanzlichem resp. thierischem Gewebe auftretender, geruch- und geschmackloser, in den gewöhnlichen Lösungsmitteln absolut unlöslicher Körper. Im völlig reinen Zustande verändert sie sich an der Luft nicht. Wo sie indeß, wie z. B. im Holz, mit stickstoffhaltigen Materien gemengt ist, da erleidet sie an

Verwandlungen. feuchter Luft schon bei gewöhnlicher Temperatur eine langsame Oxydation, bei welcher sie sich, je nach der Dauer des Vorgangs, in gelb oder braun gefärbte zerreibliche Massen verwandelt: sie vermodert und liefert damit den Hauptbeitrag zu den als „Humus" (vergl. S. 38) bezeichneten Verwesungsresten pflanzlicher Gebilde. Bei längerem Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird sie allmälig in Dextrin und Traubenzucker (s. unten) verwandelt. Im thierischen Organismus wird sie theilweise, namentlich im jüngeren Zustande, verdaut, wahrscheinlich nach vorangegangener Verwandlung in Traubenzucker.

Vorkommen. **Stärkmehl.** Stärke. Amylon. $C^{12}H^{10}O^{10}$. — Das Stärkmehl findet sich in Form mikroskopischer Körnchen im Zelleninhalt fast aller Pflanzen und in den verschiedensten Organen derselben, jedoch nicht zu allen Zeiten. In gewissen Perioden des Wachsthums der Pflanzen ist ihr Stärkmehlgehalt am bedeutendsten, um dann zu anderen Zeiten wieder abzunehmen oder ganz zu verschwinden. So verschwindet gewöhnlich in den Holzpflanzen der während des Herbstes in Rinde und Markstrahlen ange-

sammelte Vorrath mehr oder weniger im Frühjahr mit dem Beginn der Saftcirculation, indem er das Material zur Bildung neuer Zellen ist. Auch in den Samen und Knollen verschwindet die Stärke mit Entwicklung der Keime und im Kernobst mit Zunahme der Reife. Am reichlichsten tritt das Stärkmehl in den Samen, Knollen und Wurzeln auf, dann auch im Mark und in der Rinde. Ganz besonders reich daran, und daher zum Theil zur Gewinnung desselben geeignet, sind die Samen der Cerealien und Hülsenfrüchte *), die Früchte der Eichen und Kastanien, die Knollen der Kartoffeln und Bataten, die Zwiebeln von Lilien, Tulpen und anderen Liliaceen und das Mark der Palmen.

Die Gewinnung der Stärke ist eine rein mechanische. Das Stärke führende Material wird zerrieben und mit Wasser abgeschlämmt, aus dem sie sich beim Stehen, da sie darin nur vertheilt und nicht gelöst ist, absetzt. Gewinnung.

Die Stärkekörnchen sind weiß, glänzend, meist eiförmig, von $^1/_{60}$—$^1/_{100}$ Linie Durchmesser und bestehen aus einem Kern und concentrischen, ihn umgebenden Schichten (Fig. 10). Sie sind etwa anderthalb mal schwerer als Wasser. In kaltem Wasser sind sie unlöslich und auch in heißem Wasser quellen sie nur auf und bilden damit eine gallertartige Masse, den Stärkekleister. Eigenschaften.

Fig. 10.



Beim Erhitzen auf 150° oder beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure wird die Stärke, wie die Cellulose, aber ungleich rascher als diese, in Dextrin und dann in Traubenzucker verwandelt. Die gleiche Veränderung erleidet sie in Berührung mit wässrigem Malzauszug (der ein beim Keimen der Gerste sich erzeugendes eigenthümliches Ferment, die sogen. Diastase, enthält), mit Kleber Speichel, Bierhefe, sowie mit Verwandlungen.

---

*) Bezüglich des Stärkmehlgehalts der als Nahrungsmittel benutzten Cerealien und Hülsenfrüchte wurden folgende Resultate erhalten: In bei 100° getrocknetem Weizen fanden sich 53—57 % Stärke, in Roggen 44—48 %, in Hafer 37—40 %, in Gerste 38—43 %, in Buchweizen 44—45 %, in Mais 66—67%, in Reis 86—87 %, in Bohnen 38 %, in Erbsen 39 %, in Linsen 40 %, in lufttrocknen (noch etwa 70 % Wasser enthaltenden) Kartoffeln 16 bis 24 %. Uebrigens wechselt der Gehalt nach Standort, Klima und Varietät.

thierischen Schleimhäuten und Geweben. Auch das oben erwähnte Verschwinden der Stärke beim Keimen der Samen u. s. w. hat seinen Grund in ihrer Ueberführung in Dextrin und Zucker. Die Leichtigkeit, mit welcher die angeführten Mittel diese Umwandlung bewirken, erklärt die schnelle Verdauung der Stärke im menschlichen und thierischen Organismus, zu dessen wichtigsten Nahrungsmitteln sie gehört. Auch beruht darauf die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei.

Bierbereitung. Bei der Bierbereitung unterbricht man das Keimen der Gerste, wenn die Ueberführung ihres Stärkmehls in Zucker noch nicht beendet, sondern vorwiegend erst Dextrin gebildet ist, durch Auskochen mit Wasser unter Zusatz von Hopfen, der das Bier haltbarer und zugleich angenehm bitter schmeckend macht, und versetzt den erhaltenen Malzauszug durch Hefe in Gährung. Bei der Branntweinbrennerei dagegen sucht man eine möglichst vollständige Verwandlung der im Getreide oder Kartoffeln enthaltenen

Branntweinbrennerei. Stärke in Traubenzucker herbeizuführen, da nur letzterer gährungsfähig ist und Weingeist zu erzeugen vermag. Man rührt zu diesem Zweck das zerkleinerte Material in offenen Bütten mit Malzauszug zu einem dünnen Brei an, der sogen. Maische, und überläßt diese an einem mäßig warmen Orte und unter öfterem Umarbeiten sich selbst, bis die nach einiger Zeit unter Temperaturerhöhung eintretende Kohlensäureentwicklung beendet ist. Die Diastase (s. oben) des Malzauszuges verwandelt die Stärke in Traubenzucker, der dann durch Gährung (vergl. hierüber Traubenzucker) in Kohlensäure und Weingeist zerfällt. Letzterer wird von der vergohrenen Masse durch Destillation getrennt. Das Destillat, sogen. Branntwein, ist wässriger Weingeist. Durch wiederholtes Destilliren für sich und über wasserentziehende Substanzen (z. B. Kalk) erhält man ihn wasserfrei.

Dextrin. $C^{12}H^{10}O^{10}$. — Die Frage, ob Dextrin in den Pflanzen vorkommt, ist noch eine offne, da es nicht rein genug daraus abgeschieden werden kann, um es mit Sicherheit von dem sehr verbreiteten Gummi zu unterscheiden. Künstlich erhält man es durch Erhitzen von Stärke für sich oder mit verdünnter Schwefelsäure. Es ist eine amorphe gummiartige, in Wasser leicht lösliche, aber in Weingeist unlösliche Masse und bildet einen Bestandtheil des Brodes und des Bieres.

Gummi. $C^{12}H^{10}O^{10}$. — Ist sehr verbreitet im Pflanzenreich und fließt nicht selten aus der aufspringenden Rinde der Stämme

aus. Man unterscheidet mehrere Arten, eine in Wasser lösliche und einige darin nur aufquellende. Das lösliche Gummi, auch **Arabin** genannt, ist Hauptbestandtheil des bekannten Gummi arabicum, des eingetrockneten Saftes südlicher Acacia-Arten, findet sich aber auch in zahlreichen anderen Pflanzen. Es ist weiß, amorph, durchscheinend, geruchlos und von fadem Geschmack, löst sich leicht in Wasser zu einer dicklichen klebenden Flüssigkeit, aus der es durch Weingeist wieder niedergeschlagen wird. Kochende verdünnte Schwefelsäure führt es in Traubenzucker über. Arabin.

Zu den mit Wasser nur aufquellenden Gummiarten gehört das **Cerasin** im Gummi der Kirsch-, Pflaumen-, Pfirsich- und anderer Obstbäume, das **Bassorin** im Bassora- und Traganthgummi, und der **Pflanzenschleim**, der sich namentlich in der Oberhaut der Samen, so wie in den Wurzeln vieler Pflanzen findet, besonders reichlich im Lein-, Floh- und Quittensamen, in der Eibisch- und Salepwurzel, Cerasin. Bassorin. Pflanzenschleim.

Rohrzucker. $C^{12}H^{11}O^{11}$. — Findet sich außer im Zuckerrohr, der Zuckerrübe und dem Zuckerahorn, aus deren Safte er fabrikmäßig gewonnen wird, auch in der Zuckerhirse, dem Mais, der Mohrrübe, in den Melonen und Bananen und neben Traubenzucker in den meisten süßen Früchten. Seine fabrikmäßige Darstellung besteht in der Hauptsache darin, daß man den ausgepreßten Saft mit etwas Kalk zum Sieden erhitzt, um das Eiweiß zum Gerinnen zu bringen und die freien Säuren zu binden und zu fällen. Die so geklärte Flüssigkeit wird dann zur Abscheidung des aufgenommenen Kalks mit Kohlensäure behandelt, zur Entfärbung durch Knochenkohle filtrirt und endlich zur Krystallisation eingedampft. Er krystallisirt in großen durchsichtigen farblosen oder gelblichen Säulen, löst sich in Wasser nach allen Verhältnissen, aber nur schwierig in Weingeist. Bei längerem Kochen in wässriger Lösung verwandelt er sich in unkrystallisirbaren Fruchtzucker. Er ist als solcher nicht der geistigen Gährung fähig (vergl. Traubenzucker), wird aber durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure oder durch Einwirkung von Hefe sehr leicht in ein gährungsfähiges Gemenge von Traubenzucker und Fruchtzucker verwandelt.

Traubenzucker. Krümelzucker. Stärkezucker. Glucose. $C^{12}H^{12}O^{12} + 2$ Aq. — Dieser Zucker ist verbreiteter als der Rohrzucker, kommt namentlich in allem säuerlich-süßen Obst vor, besonders reichlich in den Weintrauben, ferner im Honig, in

geringerer Menge auch im thierischen Körper. Er läßt sich aus allen anderen Kohlehydraten künstlich erzeugen, am vortheilhaftesten aus Stärke. Er krystallisirt nur schwierig, schmeckt weniger süß als Rohrzucker und löst sich in 1$^1/_2$ Th. kalten und in jeder Menge kochenden Wassers, schwierig im Weingeist. Er ist gährungsfähig.

Gährung. Als Gährung bezeichnet man die eigenthümlichen, stets mit Gasentwicklung verbundenen Zersetzungen, welche gewisse Pflanzen- und Thierstoffe unter dem Einflusse eines niedrigen pflanzlichen Gebildes, der Hefezelle, erleiden. Diese Hefezelle ist die außergewöhnliche Entwicklungsform der überall in der Luft verbreiteten mikroskopischen Sporen einiger gemeiner Schimmelpilze. Gelangen diese Sporen auf einen Boden, der die zu ihrer Entwicklung erforderlichen Nährstoffe enthält, z. B. auf irgend einen abgestorbenen Theil des Thier- oder Pflanzenkörpers, oder auf eine Flüssigkeit, welche Thier- oder Pflanzenstoffe gelöst enthält, und bleiben sie dabei in Berührung mit der Luft, so entwickeln sie sich in gewöhnlicher Weise zu fructificirenden Schimmelpilzen und befördern durch ihren Lebensproceß zugleich die Oxydation jener organischen Stoffe auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs: es erfolgt Verwesung derselben (vergl. S. 9). Dringen die Sporen dagegen in das Innere der organischen Substanzen ein, kommen sie also außer Berührung mit der Luft, und ist zugleich Wasser in genügender Menge vorhanden, um jene Substanzen wenigstens nach und nach in Lösung zu bringen, so nehmen sie, vorausgesetzt daß die Temperatur nicht unter 0 und nicht über 100° beträgt, einen außergewöhnlichen Entwicklungsgang und bilden sich zu Hefezellen aus, die keine Sporen erzeugen, sondern sich durch Abschnürung in kolossalem Maßstabe vermehren. Treten nun die in Lösung vorhandenen organischen Stoffe durch Endosmose in die Hefezelle ein, so werden sie darin zwar nur zum kleineren Theile zum Zellenbau verwandt, aber nichtsdestoweniger erleidet auch der andere größere Theil bei diesem Durchgange durch den Organismus eine Zersetzung und verläßt denselben zerlegt in eine Anzahl von Zersetzungsproducten, deren Art von der stofflichen Beschaffenheit des Materials abhängt. Besteht dieses vorwiegend aus Eiweißstoffen (s. diese) oder verwandten Substanzen, so befindet sich stets Ammoniak unter den Zersetzungsproducten und man bezeichnet den Vorgang als ammoniakalische Gährung oder

Ammoniakalische Gährung

Fäulniß. Ist das organische Material dagegen eine Trauben- oder Fäulniß. zuckerlösung, die zwar eine gewisse, aber doch nur relativ geringe Menge von Eiweißstoffen enthält (z. B. ein Malzauszug oder der ausgepreßte Saft von Weintrauben und anderen süßen Früchten), so sind die Zersetzungsproducte in ganz überwiegender Menge Weingeist und Kohlensäure, und der Vorgang, für dessen Verlauf eine Temperatur von 20—40° am günstigsten ist, wird als weinige oder geistige Gährung bezeichnet. Die Zersetzung des Traubenzuckers erfolgt annähernd nach der Gleichung:

Geistige Gährung.

$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2\,C^4H^6O^2 + 4\,CO^2$$

Traubenzucker = Weingeist + Kohlensäure.

Ist die Menge der in der Zuckerlösung vorhandenen eiweißartigen Stoffe eine beträchtliche (wie z. B. in der Milch), so verändert sich die Form der sich erzeugenden Hefezellen und damit zugleich die Art der Zersetzung des Zuckers. Es entwickelt sich alsdann nur wenig Kohlensäure neben etwas Wasserstoff, und es entsteht hauptsächlich Milchsäure, die sich bei längerer Fortdauer des Vorgangs zum Theil in Buttersäure verwandelt. Diese Art der Gährung, deren auch Milchzucker fähig ist, nennt man Milchsäure-Gährung. Endlich kann unter besonderen, noch nicht genauer erforschten Umständen in Lösungen von Trauben- oder Rohrzucker bei Gegenwart eiweißartiger Stoffe noch eine als schleimige Gährung bezeichnete Zersetzung eintreten, bei welcher gleichfalls eine eigenthümliche Hefezellenform gebildet wird und unter Entwicklung von Kohlensäure neben anderen Producten auch ein dem Arabin nahe stehendes Gummi sich erzeugt.

Milchsäure-Gährung.

Schleimige Gährung.

Fruchtzucker. $C^{12}H^{12}O^{12}$. — Begleitet den Traubenzucker in den süßen Früchten und bildet den unkrystallisirbaren Theil des Honigs. Entsteht auch aus Rohrzucker bei längerem Stehen oder Kochen seiner wässrigen Lösung. Er bildet einen farblosen unkrystallisirbaren Syrup, der eben so süß als Rohrzucker schmeckt und wie Traubenzucker der geistigen Gährung fähig ist.

Milchzucker. $C^{12}H^{11}O^{11}$ + Aq. — Findet sich in der Milch der Säugethiere und wird aus dem Milchserum oder den Molken durch Eindampfen und nochmaliges Umkrystallisiren der erhaltenen Krystalle gewonnen. Er bildet harte weiße glänzende Säulen, knirscht zwischen den Zähnen, schmeckt nur schwach süßlich und löst sich erst in 6 Th. kalten und 3 T. kochenden Wassers, gar nicht in Weingeist. Als solcher ist er der geistigen Gährung nicht fähig, doch verwandelt er sich beim Kochen mit verdünnten Säuren

oder unter dem Einfluß von Hefezellen in Lactose, die nach Art des Traubenzuckers vergährt. Der Milchsäure-Gährung unterliegt er direct (vergl. Traubenzucker).

7. Die Glucoside und Bitterstoffe, die Pectinkörper und die Farbstoffe.

Glucoside. Als Glucoside bezeichnet man eine im Pflanzenreiche sehr verbreitete Klasse organischer Verbindungen, welche darin übereinstimmen, daß sie durch die Einwirkung verdünnter starker Säuren, wässriger Alkalien oder auch gewisser eiweißartiger Stoffe, meistens unter Aufnahme von Wasser, eine Zersetzung (Spaltung) in Zucker (gewöhnlich Traubenzucker oder Glucose) und einen oder zwei andere Körper erleiden. Sie bestehen in der Regel nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, enthalten aber bisweilen auch Stickstoff, ja selbst Schwefel. Gewöhnlich sind sie völlig indifferent, häufig krystallisirbar, und da sie größtentheils bitter schmecken, pflegte man sie früher einfach Bitterstoffe zu nennen. Es gehören hierher von krystallisirbaren Substanzen u. a. das Salicin, $C^{26}H^{18}O^{14}$, in der Rinde der Weiden und Pappeln, das Phlorizin, $C^{42}H^{24}O^{20} + 4$ Aq., in der Wurzelrinde der Aepfel-, Birnen- und Kirschbäume, das Aesculin, $C^{42}H^{24}O^{26}$, in der Rinde der Roßkastanie, das Amygdalin, $C^{40}H^{27}NO^{22} + 6$ Aq., in den bitteren Mandeln. Letzteres zerfällt, so wie es mit Wasser und dem in den bitteren wie in den süßen Mandeln enthaltenen Eiweißstoff Emulsin zusammentrifft (also schon beim Zerkauen der bitteren Mandeln), in Blausäure, Bittermandelöl (vergl. S. 50) und Traubenzucker:

$$C^{40}H^{27}NO^{22} + 4\,HO = C^{2}NH + C^{14}H^{6}O^{2} + 2\,C^{12}H^{12}O^{12}$$

Amygdalin + Wasser = Blausäure + Bittermandelöl + Traubenzucker.

Gerbstoffe. Unter den unkrystallisirbaren Glucosiden sind als besonders wichtige Substanzen die Gerbstoffe oder Gerbsäuren hervorzuheben. Diese gleichen einander darin, daß sie thierische Häute gerben, d. h. sich mit ihnen zu einer der Fäulniß widerstehenden Substanz, zu Leder, vereinigen. Sie schmecken zusammenziehend, reagiren schwach sauer und verhalten sich den Basen gegenüber als schwache Säuren. Sie fällen Leim und Eiweiß aus ihren Lösungen und färben oder fällen Eisenoxydsalze blau oder grün. Auf letzterer Eigenschaft beruht ihre Verwendung zur Bereitung von Dinte. Die am ausführlichsten untersuchte Gerbsäure ist die

Galläpfelgerbsäure oder das Tannin, $C^{54}H^{22}O^{34}$, die sich besonders reichlich in den Galläpfeln, den durch den Stich der Gallwespe an den jungen Zweigen der orientalischen Färber-Eiche hervorgerufenen Auswüchsen, aber auch in anderen Eichen-Arten, in der Buche, Esche und im grünen Thee findet. Sie zerfällt beim Kochen mit verdünnten Säuren oder in Berührung mit eiweißartigen Körpern bei Gegenwart von Wasser und Luft in Zucker und Gallussäure, $C^{14}H^{6}O^{10}$, die in farblosen seideglänzenden Nadeln krystallisirt. Andere Gerbsäuren sind die Kaffeegerbsäure, die Chinagerbsäure, die Catechugerbsäure u. s. w.

Für eine Anzahl indifferenter, bitter schmeckender und vielfach krystallisirbarer Pflanzenstoffe, welche der characteristischen Spaltung der Glucoside nicht fähig sind, oder für die sie wenigstens bis jetzt nicht gelang, hat man die Bezeichnung Bitterstoffe beibehalten. Wir erwähnen: das Quassiin im Quassiaholz, das Aloin in der Aloë, das Pikrotoxin in den Kokkelskörnern, das Santonin im Wurmsamen. Bitterstoffe.

Mit dem Namen „Pectinkörper" hat man einige stickstofffreie unkrystallisirbare, zwar in Wasser nicht lösliche, aber damit gallertartig aufquellende Stoffe belegt, die besonders reichlich im Mark fleischiger Früchte und Wurzeln vorkommen und die Ursache des Gelatinirens der Säfte von Aepfeln, Birnen, Himbeeren, Johannisbeeren, Möhren, Rüben u. s. w. sind. Sie sind sehr veränderlich und daher bis jetzt nur unvollständig untersucht. Pectinkörper.

Zu den Farbstoffen endlich zählt man diejenigen, besonders zahlreich im Pflanzenreich, aber auch im Thierkörper vorkommenden organischen Verbindungen, welche durch eine bestimmte Farbe ausgezeichnet sind. Auch diese Körper sind sehr schwierig zu untersuchen und daher nur sehr mangelhaft gekannt. Unter den pflanzlichen Farbstoffen sind einige sehr verbreitet, wie das Blattgrün oder Chlorophyll, das Beerenblau, das Blumenblau und Blumengelb, andere finden sich nur in bestimmten Pflanzen, wie das Indigblau, das Alizarin des Krapps u. s. w. Unter den thierischen Farbstoffen ist der stickstoff- und eisenhaltige Blutfarbstoff oder das Hämatin der wichtigste. Farbstoffe.

8. Die Eiweißstoffe und verwandte Körper.

Die sehr complicirt zusammengesetzten, nämlich außer Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch Stickstoff und Schwefel enthaltenden Eiweißstoffe fehlen in keinem pflanzlichen oder thierischen Organismus, sind in letzterem sogar die vorherrschenden Bestandtheile. Sie finden sich darin theils in den Säften gelöst, theils in unlöslicher Form und dann meistens organisirt und an der Bildung der thierischen Gewebe betheiligt. Die lösliche wie die unlösliche Form sind jedem dieser Körper gemeinsam, und bei allen läßt sich die lösliche, sei es durch Erhitzen ihrer Lösungen oder durch Versetzen derselben mit Säuren, in die unlösliche Form überführen.

In der löslichen Form bilden die Eiweißstoffe, wenn ihre Lösungen bei niedriger Temperatur eingetrocknet wurden, eine gelbliche, geruch- und geschmacklose, in Wasser lösliche Masse, deren wässrige Auflösung durch Weingeist, Mineralsäuren, Gerbsäuren, sowie durch die Salze der meisten schweren Metalle gefällt wird. In der unlöslichen Form sind sie im frisch gefällten Zustande weiß und flockig, trocken dagegen gelblich und hornartig und werden nur durch wässrige Alkalien, schwierig auch durch conc. Essigsäure, Phosphorsäure und heiße Salzsäure, von letzterer mit characteristisch violettrother Farbe, wieder in Lösung gebracht.

Die quantitative Zusammensetzung der Eiweißstoffe hat bei ihrer großen Veränderlichkeit und der Schwierigkeit, sie frei von anderen Körpern zu erhalten, noch nicht mit Sicherheit festgestellt werden können. Bei allen beträgt der Kohlenstoff 52,5—54,5 %, der Wasserstoff 6,8—7,1 %, der Sauerstoff 21,5—24 %, der Stickstoff 15,5—18 %, der Schwefel 0,5—1,6 %. Von letzterem enthält das Pflanzencaseïn am wenigsten und das Eieralbumin am meisten.

Sämmtliche Eiweißstoffe zersetzen sich beim Erhitzen unter Bildung übelriechender Producte. Im feuchten Zustande gerathen sie auch schon bei gewöhnlicher Temperatur rasch in Zerfall, indem sie in hohem Grade der Fäulniß (vergl. S. 57) unterworfen sind. — Da nur die Pflanze sie aus ihren Elementen aufzubauen vermag, der thierische Organismus aber, von dem sie so wichtige Bestandtheile sind, dies nicht kann, so besitzen sie eine hervorragende Bedeutung für seine Ernährung und dürfen in keinem vollkommenen Nahrungsmittel fehlen.

Albumin. Eiweiß. — Findet sich im Saft der meisten Pflanzen, im Blut, in der Fleischflüssigkeit und allen übrigen Säften des Thierkörpers, sowie in den Eiern. Das trockne lösliche Albumin, welches man am leichtesten durch Verdunsten einer filtrirten wässrigen Lösung von Hühnereiweiß unter 50° erhält, quillt in Wasser zuerst auf und löst sich dann allmälig. Die Lösung beginnt bei 60° sich zu trüben und scheidet bei 75° unlösliches Albumin in Flocken ab.

Fibrin. Faserstoff. — Findet sich gelöst im Blut und einigen anderen thierischen Flüssigkeiten (Blutfibrin), bildet im unlöslichen und organisirten Zustande das Muskelgewebe (Muskelfibrin) und kommt endlich ebenfalls in unlöslicher Form in den Samen der Cerealien vor (Pflanzenfibrin).

Das Blutfibrin gerinnt, sobald seine Lösungen dem Kreislauf des thierischen Organismus entzogen werden, in kürzerer oder längerer Zeit von selbst und wird unlöslich. Um geronnenen Blutfaserstoff rein zu erhalten, peitscht man frisch gelassenes Blut*) so lange, bis er sich in Fäden und Flocken ausgeschieden hat und reinigt ihn durch Auskneten mit Wasser. Er bildet im feuchten Zustande eine gelblichweiße, elastisch zähe, geruch- und geschmacklose Masse; getrocknet ist er hart und hornartig. Feucht löst er sich leicht in Essigsäure, wässrigen Alkalien und salpeterhaltigem Wasser, dagegen nicht in verdünnter Salzsäure. Blutfibrin.

Das Muskelfibrin, der Hauptbestandtheil des Fleisches, wird rein erhalten, indem man zerkleinertes und zuvor mit kaltem Wasser erschöpftes fettarmes Fleisch mit salzsäurehaltigem Wasser behandelt und aus dem filtrirten Auszuge das gelöste Fibrin durch Neutralisiren der Säure mit Kali oder Natron wieder Muskelfibrin.

---

*) Das Blut besteht aus der Blutflüssigkeit, dem Plasma, und einer großen Anzahl darin vertheilter mikroskopisch kleiner Zellen, den Blutkörperchen. Dem lebenden Organismus entzogen, gerinnt es und scheidet sich in den Blutkuchen, bestehend aus dem coagulirten Fibrin und dem größten Theil der im Moment der Gerinnung von jenem eingeschlossenen Blutkörperchen, und in das Blutserum, das vom Fibrin befreite Plasma.

Das Plasma enthält in 1000 Th. etwa 900 Th. Wasser, 4 Th. Fibrin und 79 Th. Albumin, außerdem Fett und unorganische Salze, unter denen Chlornatrium vorherrscht. Der Inhalt der gefärbten (ein kleiner Theil ist farblos) Blutkörperchen ist, abgesehen von Mineralbestandtheilen, unter denen Chlorkalium überwiegt, im Wesentlichen eine wässrige Lösung von Hämatin oder Blutfarbstoff (s. S. 59) und von einem vom gewöhnlichen etwas abweichenden krystallisirbaren Albumin.

abscheidet. Es bildet im feuchten Zustande eine schneeweiße elastische Masse, die sich leicht in wässrigen Alkalien, Essigsäure und verdünnter Salzsäure, aber nicht in salpeterhaltigem Wasser löst.

Pflanzenfibrin. Das Pflanzenfibrin bildet zusammen mit Pflanzenleim, den man durch Ausziehen mittelst Weingeist leicht von ersterem trennen kann, den sogen. Kleber, welcher als gelblichgraue zähe Masse zurückbleibt, wenn man das Mehl der Cerealien in einem Tuche so lange unter Wasser knetet, bis die Stärke und andere Stoffe entfernt sind. Es ist eine grauweiße, elastisch zähe, in verdünnten wässrigen Alkalien und sehr verdünnter Salzsäure lösliche Masse.

Caseïn. Käsestoff. — Dieser Eiweißstoff findet sich in löslicher Form in der Milch der Säugethiere, sowie in den Samen der Hülsenfrüchte. Man erhält ihn in löslichem Zustande, indem man Milch bei niederer Temperatur eintrocknet, den Rückstand durch Aether entfettet, ihn dann in Wasser löst und mittelst Weingeist das Caseïn fällt. Die unlösliche Form wird durch Fällung von abgerahmter Milch oder eines mit warmem Wasser bereiteten und durch Stehenlassen geklärten Auszugs frischer zerquetschter Bohnen, Erbsen oder Linsen mittelst Essigsäure und Auswaschen des gebildeten Coagulums mit Wasser, Weingeist und Aether dargestellt.

Die Lösungen des Caseïns gerinnen beim Kochen nicht, aber beim Abdampfen in offenen Gefässen überziehen sie sich mit einer Haut von unlöslich gewordenem Caseïn (Milchhaut). Durch Mineralsäuren, Gerbsäure und Metallsalze werden sie wie die Albuminlösungen gefällt, aber auch — und dadurch unterscheiden sie sich weiter von diesen — schon durch Essigsäure und andere organische Säuren. Eigenthümlicher Weise bewirkt auch die Schleimhaut des Kälberlabmagens die Gerinnung des Caseïns, am raschesten bei 50—60°.

Eiweißartige Körper. — Von solchen Stoffen, die in ihrer Zusammensetzung und in ihrem Verhalten den eigentlichen im Vorhergehenden besprochenen Eiweißstoffen nahestehen, sich aber doch in einigen wesentlichen Punkten unterscheiden, erwähnen wir:

Emulsin. das Emulsin, welches sich in den süßen und bitteren Mandeln

Pepsin. findet; das Pepsin, ein im Magensaft enthaltener, bei der

Keratin. Verdauung thätiger Stoff; das Keratin, auch Hornstoff genannt, welches den Hauptbestandtheil der animalischen Oberhaut, der Klauen, Nägel, Haare, Federn und des Horns ausmacht.

Auch gehören hierher das Glutin oder der Knochenleim und das Chondrin oder der Knorpelleim. Beide kommen nicht als solche im thierischen Organismus vor, sondern entstehen erst durch längere Einwirkung des Wassers auf die sogen. leimgebenden Gewebe, das Glutin insbesondere aus den Knochen, dem Bindegewebe und den Sehnen, das Chondrin aus den Knorpeln, der Hornhaut des Auges, den Fischschuppen u. s. w. Beides sind farblose durchsichtige hornartige Massen, die in kaltem Wasser nur aufquellen, von kochendem gelöst werden und sich durch ihr Verhalten gegen einige Fällungsmittel von einander unterscheiden.

Knochenleim und Knorpelleim.

V. Die Ernährung der Menschen und Thiere.

Es wurde schon früher (vergl. S. 32) hervorgehoben, daß nur der pflanzliche Organismus die Fähigkeit besitzt, sich von unorganischem Material zu ernähren, daß dagegen der Thierkörper durchaus auf organische Nährstoffe angewiesen ist. Der letztere wächst und erhält sich durch Aufnahme der vom Pflanzenreich bereiteten Stoffe, die er lediglich in gewisser Weise zu verändern und seinen Bedürfnissen anzupassen vermag. Das Thierreich ist daher mit seiner Existenz völlig vom Pflanzenreich abhängig, für das es wiederum seinerseits durch seine Ausscheidungen (die Kohlensäure der ausgeathmeten Luft und die flüssigen und festen Excremente), sowie durch seine Verwesungsproducte eine beständige Quelle der Ernährung ist.

Abhängigkeit des Thierreichs vom Pflanzenreich.

Nach allen Erfahrungen ist man berechtigt, aus den gesammten Nahrungsmitteln der Menschen und Thiere auf Grund ihrer Bedeutung für den animalischen Ernährungsproceß 3 oder 4 Klassen von einfachen Nährstoffen zu bilden. Es sind:

Eintheilung der menschlichen und thierischen Nahrungsmittel.

1. Die zuckerartigen oder zuckererzeugenden Stoffe, zu denen alle Kohlehydrate gerechnet werden müssen. Diese sind sämmtlich, wenn auch nicht mit gleicher Leichtigkeit, verdaulich. Kein an Zucker, Stärke oder Gummi reichhaltiges Gewächs ist dem Scharfsinn des Menschen und dem Instinct der Thiere zur Verwerthung als Nahrungsmittel entgangen. — Den Kohlehydraten schließen sich als ebenfalls verdauliche und bei der Ernährung ohne Zweifel eine ihnen ähnliche Rolle spielende Körper die Pektinstoffe und die organischen Säuren an. Jedoch sind beide, da sie in zu geringer Menge in den vegetabilischen

Nahrungsmitteln enthalten sind, als Nährstoffe nur von sehr geringer Wichtigkeit.

2. Die Fette, deren Bedeutung für die Ernährung, wie es scheint, so vollständig mit derjenigen der vorhergehenden Klasse übereinstimmt, daß beide Klassen unter der gemeinsamen Bezeichnung der „stickstofffreien Nährstoffe“ zusammengefaßt werden können.

3. Die Eiweißstoffe und eiweißartigen Körper, welche, da sie allein den Bedarf des menschlichen und thierischen Körpers an Stickstoff zu befriedigen vermögen, auch als „stickstoffhaltige Nährstoffe“ bezeichnet werden.

4. Die mineralischen Stoffe. Diese sind in den vegetabilischen und animalischen Nahrungsmitteln der Menschen und Thiere stets in so reichlicher Menge vorhanden, daß sie den ziemlich beträchtlichen Bedarf daran im Großen und Ganzen decken. Das Trinkwasser allein würde bei seinem geringen Gehalt an mineralischen Bestandtheilen dazu bei weitem nicht ausreichen. Selbst von dem zur Blutbildung so unentbehrlichen Kochsalz ist in den Futterstoffen so viel vorhanden, daß dadurch dem Bedürfniß der pflanzenfressenden Thiere im Allgemeinen genügt wird.

Einfache und zusammengesetzte Nahrungsmittel.

Daß der Begriff der „einfachen Nährstoffe“ in dem Sinne, wie er hier gebraucht wird, nicht mit dem zusammenfällt, was im gewöhnlichen Leben ein einfaches Nahrungsmittel genannt wird, bedarf kaum besonderer Erwähnung. Niemals gehört eine Speise oder ein Futterstoff — weder Brod, Fleisch, Eier und Milch, noch Heu, Klee, Hafer u. s. w. — ausschließlich einer der genannten vier Klassen an; immer sind mehrere der letzteren, ja in der Regel alle, in ihnen vertreten. Alle menschlichen und thierischen Nahrungsmittel sind eine zusammengesetzte Nahrung.

Um ein sicheres Urtheil über den Werth und die richtige Auswahl der Nahrungsmittel zu ermöglichen, muß vor Allem die Rolle bekannt sein, welche jede der 4 Klassen von einfachen Nährstoffen bei der Ernährung spielt. Im Anschluß hieran bedarf es ferner der Kenntniß des günstigsten Verhältnisses, in welchem die letzteren, je nach den obwaltenden Umständen, in der einzuführenden Nahrung enthalten sein müssen. Endlich müssen natürlich die einzelnen Nahrungsmittel selbst bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung genügend untersucht sein.

Was den ersten Punkt betrifft, so kann bezüglich der Art der

Bedeutung der verschiedenen Nährstoff-Klassen für die Ernährung.

Verwendung der in den Thierkörper eingeführten Mineralstoffe kein Zweifel sein. Sie nehmen als solche an der Bildung seines Knochengerüstes, sowie auch aller seiner weichen Organe und Flüssigkeiten Theil. Schwieriger gestaltet sich die Beantwortung der Frage nach der näheren Verwerthung der beiden Klassen von organischen Nährstoffen, der stickstofffreien und der stickstoffhaltigen.

Bedeutung der stickstoffhaltigen Nährstoffe.

Offenbar müssen die Nahrungsmittel dem thierischen Organismus nicht nur allen zu der Entwicklung und Erhaltung seiner Organe erforderlichen Stoff liefern, sondern auch seinen beständigen Wärmeverlust ersetzen und endlich ihm die Kraft verleihen, welche in der Arbeit seiner Muskeln zu Tage tritt. Da nun seine Gewebe ausschließlich aus Eiweißstoffen und den ihnen verwandten Substanzen gebildet sind, so erscheint die Annahme, daß dieselben auch nur aus Eiweißstoffen ihre Entstehung nehmen, unbestreitbar. Die Eiweißstoffe (die stickstoffhaltigen Nährstoffe) sind daher die eigentlich bildenden Nährstoffe des Thierkörpers und können in diesem Sinne sehr passend als „plastische Nahrungsmittel" bezeichnet werden. Sie bauen die Organe auf, so lange deren Entwicklung dauert, und bringen ihnen zugleich Ersatz für den beständigen Substanzverbrauch, den der ununterbrochene Verbrennungsproceß des Körpers herbeiführt. Denn der in den Lungen vom Blut aufgenommene Sauerstoff durchwandert mit den Blutkörperchen, die ihm als Träger dienen, das ganze unendlich verzweigte Netz der Blutgefäße und gelangt dadurch zu unausgesetzter chemischer Action mit der gesammten Substanz der Gewebe, deren Oxydationsproducte im Harn als Harnstoff (s. S. 48), Harnsäure und Hippursäure (s. S. 46) den Körper verlassen.

Die Frage, ob den stickstoffhaltigen Nährstoffen außer dieser noch eine andere Bedeutung beim Ernährungsproceß zukommt, scheint im großen Ganzen verneint werden zu müssen. Sorgfältige Versuche haben gezeigt, daß bei gleicher Zufuhr von Eiweißstoffen der arbeitende Körper in gleicher Zeit mit dem Harn nicht mehr verbrannte stickstoffhaltige Substanz (Harnstoff rc.) ausscheidet, als der ruhende. Daraus folgt zunächst, daß die zur Arbeit erforderliche Kraft nicht, wenigstens nicht in nennenswerther Weise, von verbrannter Muskelsubstanz, überhaupt nicht von Eiweißstoffen herrühren kann, und dies rechtfertigt dann den weiteren Schluß, daß sie, und damit auch die Wärme des Körpers,

Bedeutung der stickstofffreien Nährstoffe.

die nur eine andere Aeußerungsform jener Kraft ist, in der Hauptsache ihren Ursprung in der Oxydation der stickstofffreien Nährstoffe haben muß, welche nach dem Uebergange derselben ins Blut stattfindet. Damit ist die Wahrnehmung in Uebereinstimmung, daß bei vermehrter Kraftentfaltung die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure entsprechend zunimmt; denn diese Zunahme kann, wenn sie von keiner proportionalen Zunahme der stickstoffhaltigen Harnbestandtheile begleitet ist, nur aus der Verbrennung von stickstofffreiem Material hergeleitet werden. Auch ist ja bekannt, daß Personen, die angestrengte Arbeit oder Körperbewegung auszuführen haben, wie z. B. Jäger in Gebirgsgegenden, Speck als Zugabe zu Brod der Fleischnahrung vorziehen. Das vermehrte Bedürfniß nach fettreicher Nahrung, das sich in kälteren Klimaten und während des Winters geltend macht, liefert einen weiteren Beweis für die Richtigkeit der obigen Annahme. Diese findet endlich noch eine Stütze in der auffallend erwärmenden und zur Arbeit befähigenden Wirkung der spirituösen Getränke, da der Weingeist, abgesehen von seiner reizenden Einwirkung, als stickstofffreier und aus Zucker entstandener Stoff dabei sicherlich nur als ein besonders rasch bereits im Blute verbrennender Körper in Betracht kommen, also nur die Rolle eines Kohlehydrats spielen kann. Wenn hiernach die stickstofffreien Nährstoffe es in erster Linie sind, die der oxydirenden Wirkung des durch den Respirationsproceß aufgenommenen Sauerstoffs anheimfallen, um durch ihre Verbrennung dem Körper Wärme und Muskelkraft zu verleihen, so kann man sie gegenüber den plastischen Nahrungsmitteln als Respirationsmittel bezeichnen.

Ersetzbarkeit der Fette durch Kohlehydrate und umgekehrt.

Die Unterhaltung des animalischen Verbrennungsprocesses ist übrigens, wenn auch die hauptsächlichste, so doch nicht die einzige Aufgabe, welche die stickstofffreien Nährstoffe bei der Ernährung zu erfüllen haben. Zu den Bestandtheilen des thierischen Organismus gehören auch Fette, und es liegt auf der Hand, daß derselbe zur Bildung seines Fettgewebes zunächst die mit den Nahrungsmitteln eingeführten Fette verwenden wird. Jedoch spricht Alles dafür, daß auch die Kohlehydrate als Fettbildner eintreten können. Vom chemischen Gesichtspunkt aus ist nichts gegen die Möglichkeit einer Verwandlung der Kohlehydrate in Fette einzuwenden, wenn dieselbe auf künstlichem Wege auch bis jetzt nicht bewerkstelligt werden konnte. Andererseits zeigt die Erfahrung, daß Vieh, welches Kartoffeln und andere stärkemehl-

reiche Nahrung erhält, fett wird, und die von bloßem Zucker sich ernährenden Bienen erzeugen Wachs, eine den Fetten verwandte Substanz.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Kohlehydrate und Fette beim Ernährungsproceß durchaus gleichen Zwecken dienen und daher qualitativ einander zu ersetzen vermögen. In quantitativer Hinsicht muß jedoch ein wesentlicher Unterschied gemacht werden. Ein Blick auf die chemische Zusammensetzung beider Körperklassen zeigt, daß die Fette viel reicher an Kohlenstoff und ärmer an Sauerstoff sind als die Kohlehydrate. Es werden mithin gleiche Mengen beider sehr ungleiche Quantitäten Sauerstoff zu ihrer Verbrennung bedürfen, damit aber auch sehr ungleiche Wärmemengen erzeugen. Während zur Verbrennung von 100 Th. Stärke schon 118,5 Th. Sauerstoff genügen, erfordern 100 Th. Olein 289,4 Th. Sauerstoff. Das letztere enthält hiernach beinahe $2^1/_2$ mal mehr Brennstoff als die erstere. Als Respirationsmittel ist daher 1 Th. Fett etwa $2^1/_2$ Th. eines Kohlehydrats aequivalent, ein Zahlenverhältniß, das bei der Beurtheilung des Nahrungswerthes zusammengesetzter Nahrungsmittel benutzt werden kann.

Aus dem Umstande, daß der Ursprung des thierischen Fettgewebes entschieden von den stickstofffreien Nahrungsmitteln hergeleitet werden muß, erhellt klar, daß die Unterscheidung der Nährstoffe in plastische und Respirationsmittel nicht streng durchführbar und nur im großen Ganzen aufrecht zu erhalten ist. Immerhin genügt dieselbe, um einer rationellen Ernährungslehre der Menschen und Thiere als Grundlage zu dienen. Es ist klar, daß weder die eine noch die andere Klasse von einfachen Nährstoffen für sich allein als Nahrung ausreicht, und daß Menschen und Thiere bei einseitiger Ernährung mit Eiweißstoffen oder Fetten und Kohlehydraten zu Grunde gehen müssen. In einem vollkommenen Nahrungsmittel müssen alle Klassen von Nährstoffen nicht nur vertreten, sondern auch in angemessenen Verhältnissen vorhanden sein.

Nothwendigkeit bestimmter Verhältnisse zwischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nährstoffen.

Die Feststellung des günstigsten Verhältnisses zwischen stickstofffreien und stickstoffhaltigen Nährstoffen ist Gegenstand eifriger Forschung gewesen. Bezeichnen wir die ersteren (Fette als Kohlehydrate in Rechnung bringend) der Einfachheit wegen mit **R**, die letzteren mit **P**, so scheint für Menschen und Thiere, deren Wachsthum beendet ist, das Verhältniß $P : R = 1 : 4$ bis 6, für Kinder und junge Thiere dasjenige von $P : R = 1 : 3$ im

Allgemeinen das zweckmäßigste zu sein. Dabei ist indeß wohl zu berücksichtigen, daß, wenn es sich um die Beurtheilung eines zusammengesetzten Nahrungsmittels handelt, dieses Verhältniß nicht das allein maßgebende ist, sondern daß es auch sehr darauf ankommt, ob die Componenten **R** und **P** in leichter oder schwerer verdaulicher Form vorhanden sind; denn was als unverdaut mit den Excrementen den Körper wieder verläßt, ist natürlich für dessen Ernährung bedeutungslos gewesen. Eine Quantität **P**, die in Form von Fleisch dem Körper dargeboten wird, verdient entschieden den Vorzug vor einer gleichen Quantität **P** in Form von Hülsenfrüchten, da sie viel leichter vollständig verdaut wird, als letztere. Die Verdaulichkeit eines Nahrungsmittels hängt ihrerseits wiederum sehr von seiner Zubereitung ab.

Die wichtigsten Nahrungsmittel. Unterwerfen wir einige der wichtigsten menschlichen und thierischen Nahrungsmittel einer Prüfung bezüglich ihres relativen Gehalts an **R** und **P**, so ergiebt sich, daß unter den vegetabilischen Nahrungsmitteln sich für die an Eiweißstoffen weitaus am reichhaltigsten Hülsenfrüchte (Erbsen, Bohnen, Linsen u. s. w.) das Verhältniß von **P** : **R** = 1 : 2 gestaltet. Sie bedürfen daher, um zu einer ausreichenden Nahrung zu werden, eines Zusatzes von Fetten oder stärkemehlreichen Nahrungsmitteln. Dagegen können die Getreidekörner, bei denen **P** : **R** = 1 : 5—7 steht, als vollständige Nahrungsmittel angesehen werden. Im Brod, das zwar den vollen Stärkmehlgehalt des Getreides, wenn auch theilweise in Dextrin verwandelt, enthält, aber nicht die ganze Menge seiner Eiweißstoffe, da ein Theil des Klebers bei der Herstellung des Mehls in der Kleie bleibt, stellt sich jenes Verhältniß im Mittel auf 1 : 8—12; es bedarf mithin eines Zusatzes von Fleisch oder anderer eiweißstoffreicher Kost, um der Ernährung zu genügen. Das Nämliche gilt vom Reis und den Kartoffeln, denen beiden das Verhältniß 1 : 10—12 zukommt, sowie von den Kohl- und Rübenarten und andern nicht zu den Hülsenfrüchten gehörenden Gemüsen. — Unter den Futtergewächsen ist das Wiesenheu mit dem Verhältniß 1 : 5 ein Muster-Nährstoff. Beim Klee stellt sich jenes Verhältniß wie 1 : 2—2,3, bei blühender Luzerne wie 1 : 1,5, bei Esparsette, Futterwicken und Erbsen in der Blüthe wie 1 : 2,5, beim Stroh wie 1 : 12—18.

Vegetabilische Nahrungsmittel.

Animalische Nahrungsmittel. Von den Nahrungsmitteln animalischer Abkunft weist das Fleisch, je nach seiner Abstammung und je nachdem es

mehr oder weniger Fett enthält, ein so wechselndes Verhältniß von P zu R auf, daß sich ein Durchschnittswerth dafür nicht aufstellen läßt. Daß Fleischnahrung auch für sich allein die Bedürfnisse des menschlichen und thierischen Körpers vollkommen zu befriedigen vermag, zeigt die Lebensweise mancher wilden Völkerschaften, sowie die Ernährung der fleischfressenden Thiere. Das Nämliche gilt von den Eiern der Vögel, deren Weißes zwar kaum mehr als eine Lösung von Albumin in Wasser ist, die aber im Dotter eine reichliche Menge von Fett und Mineralbestandtheilen führen.

Als Muster eines vollkommenen und normalen Nahrungsmittels, wenigstens für den jugendlichen Organismus, muß die Milch bezeichnet werden. Sie ist eine wässrige Auflösung von Casein und wenig Albumin, Milchzucker und Mineralstoffen, in welcher zahlreiche, in feine Hüllen eingeschlossene Fettkügelchen vertheilt sind, die, obgleich an und für sich, wie das Mikroskop zeigt, völlig durchsichtig, durch ihre Menge die Ursache der Undurchsichtigkeit und weißen Farbe der Milch sind. Die Zusammensetzung der Milch ist keine constante: auch von der durch die Abstammung bedingten Verschiedenheit abgesehen, beeinflussen zahlreiche Umstände dieselbe. Die Kuhmilch zeigt folgende Mengenverhältnisse ihrer Bestandtheile: Die Milch.

Casein (nebst wenig Albumin) . .	3—4	%
Fett	3—5	„
Milchzucker	3—5	„
Unorganische Salze	0,5—0,8	„
Wasser	86—88	„

Bei ruhigem Stehen der Milch steigen die leichteren Fettkügelchen langsam an die Oberfläche und bilden den Rahm, wodurch die untenstehende fettarm werdende Flüssigkeit eine bläuliche Farbe erhält. Zugleich tritt in Folge der Berührung mit der Luft und der Aufnahme von Pilzsporen aus derselben, je nach der Temperatur früher oder später, Milchsäuregährung des Milchzuckers (vergl. S. 57) ein, und die Milch wird sauer durch Bildung von Milchsäure, die aber, da jede freie Säure ein Gährungshinderniß ist, bald ihr Ende erreicht. Die Milchsäure coagulirt nun ihrerseits das Casein und bewirkt dadurch das Dickwerden der Milch. Indem ersteres beim Gerinnen den größten Theil des Fettes mit einschließt, so ist das vom Milchcoagulum abfließende Milchserum (die sogen. sauren Molken) im Wesentlichen

nur noch eine wässrige Auflösung von Milchzucker, wenig Milchsäure und Mineralbestandtheilen. Daß aufgekochte Milch länger süß bleibt, erklärt sich daraus, daß durch das Kochen alle bis dahin aus der Luft aufgenommenen organischen Keime zerstört werden.

Beim Kochen frischer Milch wird das in den der Oberfläche nahe liegenden Schichten vorhandene Casein in Folge des Zusammenwirkens der erhöhten Temperatur und der raschen Wasserverdunstung gleichfalls unlöslich, worauf die Bildung der Milchhaut beruht. Ein Concentriren (Condensiren) der Milch kann daher nicht durch Einkochen, sondern nur durch rasche Verdunstung bei niedrigerer Temperatur, was man durch Anwendung von sogen. Vacuumapparaten ermöglicht, bewirkt werden. Ein reichlicher Zusatz von Zucker zu der verdunstenden Milch verhindert den Eintritt der Milchsäuregährung während des Eindampfens (concentrirte Zuckerlösungen gähren nicht), erhöht die Haltbarkeit des fertigen Präparats und erleichtert seine Wiederauflösung in Wasser.

Von der auf S. 62 erwähnten Coagulirbarkeit des Caseins durch Kälberlab wird bei der Bereitung des Käses Anwendung gemacht. Fetter Käse enthält neben dem Casein beinahe das ganze, magerer nur einen geringen Theil des Milchfetts. Beim Reifen des Käses findet ein seiner Natur nach noch wenig aufgeklärter Gährungsproceß statt, dessen richtiger Verlauf von großem Einfluß auf die Güte des Products ist.

Inhalt.